

Ville Lahtinen

Prosessointitekniikat äänitteen masteroinnissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

7.5.2016.

Tekijä Otsikko	Ville Lahtinen Prosessointitekniikat äänitteen masteroinnissa
Sivumäärä Aika	36 sivua 7.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Digitaalinen media
Ohjaajat	Lehtori Ilkka Kylmäniemi
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia yksittäisen musiikkikappaleen masterointiprosessia ja tärkeimpiä prosessointitekniikoita masteroinnissa. Työssä selvitettiin, miten eri tekniikoita apuna käyttäen voidaan vaikuttaa äänen eri ominaisuuksiin hyvinkin tarkasti. Prosessointitekniikoiden lisäksi työssä perehdyttiin masteroinnissa käytettävien yleisimpien digitaalisten prosessointityökalujen toimintaperiaatteisiin.</p> <p>Insinööriyössä masteroitiin Michael Jacksonin Thriller -kappaleen vuoden 1982 alkuperäinen versio. Projektin viimeisenä vaiheena vertailtiin masterointityön tuloksena syntyneen version eroja Thriller-kappaleen aikaisempiin julkaisuihin.</p> <p>Masterointi on hyvin pikkutarkkaa työtä, ja se vaatii tekijältään kykyä erottaa äänestä eri yksityiskohtia kuten taajuuksia, äänenvoimakkuuden vaihteluita, kirkkautta, ja jopa stereokuvan laajuutta. Masteroinnilla pyritään parantamaan näitä ominaisuuksia tarpeiden mukaan. Masterointiprosessin tarpeellisuus yleensä riippuu siitä, miten paljon aiemmissä äänitteen tuotannon vaiheissa on jätetty masterointia varten tilaa ja pelivaraa. Joskus kappale on jo valmiiksi niin hyvin miksattu, että masterointityöksi riittää pelkkä äänentason nostaminen mahdollisimman voimakkaaksi.</p> <p>Masterointiprojektin aikana selvisi, että masteroinnin rooli äänitteen koko tuotantoprosessissa on hyvin merkittävä. Pienilläkin äänen ominaisuuksien muutoksilla oli suuri merkitys kappaleen kokonaiskuvan ja äänenlaadun kannalta. Masteroinnin tuloksena saatiin alun perin hyvältä kuulostava miksaus kuulostamaan entistä paremmalta ja laadukkaammalta.</p>	
, Avainsanat	Masterointi, taajuuskorjaus, dynamiikan prosessointi, kompressointi, ilimitointi, äänen stereokuva

Author Title	Ville Lahtinen Processing techniques in audio mastering
Number of Pages Date	36 pages 7 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Ilkka Kylmäniemi, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to explore the mastering process of a single piece of music, and the most used processing techniques in mastering. The thesis contains an explanation of how even small details of the different features of the audio can be influenced by using the processing techniques. In addition, the most used digital processing and mastering tools and plugins are introduced in the thesis.</p> <p>The practical part of this final year project included mastering the original version of Michael Jackson's Thriller song that was published in 1982. The final goal of the practical work was to compare the outcome with the previous published versions of the Thriller song.</p> <p>Mastering is a very precise job and it requires an ability to separate different details of the sound such as frequencies, dynamics, brightness and stereo image. The idea of mastering is to improve each of these features as much as needed. The necessity of mastering often depends on how much space has been left for mastering in the previous parts of the recording production process, especially in mixing. Sometimes the recording is already mixed so well that only raising the average level of the sound is enough.</p> <p>It was shown in the mastering project that the role of mastering in a recording production process is very significant. Even small changes of the features of sound had a considerable influence on the general view and quality of the track. It was clearly evident that mastering could make a good mix sound even better.</p>	
Keywords	Mastering, equalizing, dynamic range processing, compressing, limiting, stereo image

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Äänitteen masterointi	2
2.1	Masteroinnin rooli äänitteen tuotannossa	2
2.2	Masteroinnin historiaa	4
3	Äänen prosessointitekniikat	5
3.1	Äänen fysiikkaa lyhyesti	5
3.2	Taajuuskorjaus	6
3.2.1	Taajuuskorjaimen toiminta	8
3.2.2	Ali- ja ylipäästösuodattaminen	9
3.3	Dynamiikan prosessointi	10
3.3.1	Kompressointi ja ekspandointi	12
3.3.2	Kompressorin toiminta	13
3.3.3	Monikaistainen kompressointi	16
3.3.4	Limitointi	17
3.4	Stereokuvan muokkaaminen	21
3.5	Kohinanpoisto	23
3.6	Ditherointi	24
4	Oma masterointiprojekti	25
4.1	Prosessointivaihe	26
4.1.1	Taajuuskorjaus ja dynamiikan prosessointi	26
4.1.2	Äänen kirkkauden ja stereokuvan muokkaaminen	29
4.1.3	Äänekkyyden maksimointi	31
4.2	Oman masterointityön tulos	32
5	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

1 Johdanto

Äänitteen masterointi on kehittynyt 2000-luvulle tultaessa entistä luovemmaksi ja teknisemmäksi prosessiksi, joka erotetaan nykypäivänä selkeästi muusta äänitteen tuotannosta omana työvaiheenaan. Masterointi on äänitteen tuotannon viimeinen tekninen työvaihe ennen äänitteen julkaisemista, ja silloin voidaan vielä vaikuttaa äänitteen yleiseen äänenlaatuun ja sointiin. Masteroinnissa äänitteestä muokataan mahdollisimman laadukas ja tasapainoinen kokonaisuus.

Onnistuneen masteroinnin aikaansaaminen ei ole itsestäänselvyys, ja masteroijalta vaaditaan tarkkaavaisuutta ja kykyä erotella äänestä eri yksityiskohtia. Masteroijan on pysyttävä kuuntelemaan musiikkia kriittisesti, ja tunnistamaan musiikin sisältämät heikkoudet ja vahvuudet ja valitsemaan sen mukaan oikeat masterointitekniikat ja työkalut. Masteroijalta vaaditaankin työssään malttia tehdä oikeita, kokonaisuutta edistäviä ratkaisuja. On myös tärkeää huomioida kappaleen tarpeet masteroinnille. Masterointia tehdessä ei kannata seurata liikaa vallitsevia musiikillisia trendejä kuten maksimaalisen äänekkyuden tavoittelua. Tärkeämpää on tavoitella sitä, että äänite kuulostaisi mahdollisimman hyvältä eri äänentoistojärjestelmistä.

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia tärkeimpiä prosessointitekniikoita masteroinnissa, sekä yksittäisen musiikkikappaleen masterointia teknisenä prosessina. Työssä tullaan selvittämään, miten äänen digitalisoitumisen ja elektronisen musiikin yleistymisen myötä masterointi on muuttunut, ja miten musiikin kuluttajien käsitykset siitä, millaiselta onnistuneen masteroinnin tulisi kuulostaa, vaihtelevat. Työssä käsitellään masteroinnin roolia ja merkitystä osana äänitteen tuotantoprosessia. Insinööriyö sisältää myös yleisimpien masteroinnissa käytettyjen digitaalisten ohjelmistotyökalujen toiminnan periaatteita.

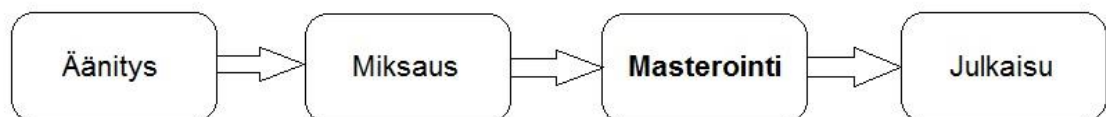
Insinööriyön projektina aion masteroida Michael Jacksonin Thriller-kappaleen alkupeiräisen version vuodelta 1982 ja vertailla masterointityön tulosta kappaleen aikaisempiin versioihin, jotta saataisiin käsitys siitä, miten nykyään ollaan musiikin äänenlaadun suhteen kriittisempiä kuin ennen ja kiinnitetään yhä enemmän huomiota esimerkiksi siihen, kuinka voimakkaalta ja yksityiskohtiselta musiikki kuulostaa. Insinööriyötä ei tehdä milläkään yritysasiakkaalle, ja sen sisältö perustuu omaan kokeiluun.

Insinööriyön ulkopuolelle olen rajannut albumikohtaiseen masterointiin sekä monitorointiin ja äänentoistolaitteisiin liittyvät aiheet, ja keskityn työssäni yksittäisen musiikkikappaleen masterointiin. Valitsin insinööriyön aihealueeksi masteroinnin, koska harrastan musiikkia ja olen erityisen kiinnostunut äänitekniikasta ja siitä, miten ääni käyttäytyy, kun sen ominaisuuksia muokataan.

2 Äänitteen masterointi

2.1 Masteroinnin rooli äänitteen tuotannossa

Masterointi on äänitteen tuotannon viimeinen työvaihe ennen äänitteen päätymistä julkaisuun ja digitaaliseen jakeluun, ja sitä kautta ihmisten kulutettavaksi. Ennen masterointia musiikkikappaleen tulisi olla huolellisesti miksattu. Miksaus on oltava tarpeeksi hyvä, jotta masterointi olisi ylipäättään mahdollista suorittaa onnistuneesti, koska masteroinnin tarkoituksena ei ole pelastaa pieleenmennyt miksasta, vaan pikemminkin parannella miksaus sisältyviä pieniä virheitä ja epäkohtia. Toisaalta miksaus voi jo itsessään olla niin hyvä, että masteroinnin tarpeet voivat olla vähäiset, jolloin on mietittävä tarkkaan, mitkä prosessointityön vaiheet tulee tehdä ja mitkä vaiheet kannattaa jättää tekemättä. Masteroinnissa on tarkoitus vielä kerran tarkistaa, voidaanko äänenlaatua jollain tavalla parannella. Masterointi on tarpeellinen toimenpide esimerkiksi silloin, jos masteroitavan, miksattun kappaleen keskimääräinen äänentaso on selvästi eri tasolla kuin muissa yhtä vanhoissa saman genren kappaleissa tai jos kappaleen taajuudet ovat epätasapainossa niin, että tietyllä taajuuskaistalla ääni kuuluu liian voimakkaana muihin taajuuskaistoihin verrattuna. (1, s. 4.) Kuva 1 havainnollistaa masteroinnin sijaintia äänitteen tuotannon aikajanalla.



Kuva 1. Äänitteen tuotannon vaiheet aikajanalla (2).

Ensimmäinen äänitteen tuotannon vaihe on äänittäminen, jolloin jokaiselle instrumentille nauhoitetaan mikrofoneja ja muita äänityslaitteita käyttäen omat ääniraitansa. Äänitys on

pakollinen vaihe suorittaa varsinkin silloin, jos kappaleen instrumentit soitetaan itse. Tämä on yleistä esimerkiksi pop- rock- ja jazz-musiikkityyleissä.

Äänityksen jälkeen äänitetyt ääniraidat on tarkoitus liittää yhteen eli miksata. Miksauksessa ääniraitoja editoidaan, leikataan ja ääniraidoille lisätään erilaisia tehosteita ja muokkaustyökaluja, kuten taajuuskorjaimia, kompressoreita ja kaikuja. Elektronisen musiikin miksauksessa ja tuotannossa käytetään paljon myös valmiita digitaalisia ääninäytteitä (*sample*) tai toistuvia äänipätkiä (*loop*), joiden avulla voidaan säveltää ja nuotintaa esimerkiksi melodioita ja rumpukomppeja musiikin tuotantoon tarkoitetuilla ohjelmistoilla. Miksauksessa käytettävät ääniraidat eivät aina ole äänitettyjä, vaan ääniä voi suunnitella myös itse digitaalisilla syntetisaattoreilla. Nuotintaminen liitetäänkin nykypäivänä osaksi miksausta. Miksauksessa pyritään sovittamaan jokainen instrumentti mahdollisimman hyvin yhteen musiikkikappaleessa.

Masterointi suoritetaan miksauksen jälkeen, jolloin ei enää käsitellä eri instrumenttien ääniraitoja erikseen, vaan muokattavana on ainoastaan yksi miksattu ääniraita, jota kutsutaan masteriksi. Masteroinnin aikana yleensä korjataan masterin sisältämiä epäkohtia ja virheitä, joita ei vielä miksausvaiheessa ole huomattu. Masteroinnissa on tarkoitus puuttua miksaukseen niin vähän kuin mahdollista, ja keskittyä kappaleen kokonaiskuvan parantamiseen. Masteroinnissa pyritään viimeistelemään äänite julkaisua varten, ja saamaan äänitteestä laadukas, tasapainoinen ja miellyttävän kuuloinen kokonaisuus.

Useimmiten kuuntelemalla masteroitua ja masteroimatonta versiota rinnakkain, voidaan parhaiten huomata masteroinnin vaikutus äänitteen yleisilmeeseen ja kokonaisuuteen. Joskus ero masteroidun ja masteroimattoman version välillä saattaa kuitenkin olla niin pieni, että sitä on heti vaikea huomata pelkän kuuntelemisen perusteella. Tässä tapauksessa kannattaa tarkastella masteroidun ja masteroimattoman version äänisignaalien rakenteiden eroja. (2.)

Masteroinnin tärkeimpiin teknisiin prosesseihin kuuluvat äänenvoimakkuuden tasapainon ja taajuuksien korjaaminen, dynamiikan prosessointi kuten kompressointi ja limitointi, sekä stereokuvan laajentaminen. Mikäli äänityksen tai miksauksen jäljiltä äänitteessä huomataan häiritsevää taustamelua, on tehtävä myös kohinanpoisto. Masterointivaihe käsittää yksittäisen kappaleen prosessoinnin lisäksi myös albumin sisältämien kappaleiden esitysjärjestyksen ja kappaleiden väliin jäävien taukojen pituuksien määrit-

tämisen. Etenkin kappaleiden esitysjärjestys albumilla riippuu todella paljon albumin sisältämistä kappaleista, genrestä ja esittäjän toiveista, joten esitysjärjestykseen ei ole yhtä ja ainoaa oikeaa ratkaisua. Keskityn insinööriyössäni käsittelemään ainoastaan yksittäisen musiikkikappaleen masterointia sekä käytännössä että teoreettisella tasolla.

Masterointi on yhdistelmä tiedettä ja taidetta. Se sisältää paljon pikkutarkkaa, teknistä työtä, mutta luovuudesta on myös hyötyä masterointia tehdessä. Masterointi vaatii kykyä erottaa äänestä tarkkoja yksityiskohtia, kuten matalia ja korkeita taajuuksia sekä äänenvoimakkuuksien eroja. Nykyään on yleistä, että artistit ja yhtyeet palkkaavat erikseen masteroijan suorittamaan masterointivaiheen. Näin voidaan saada masterointiin uusia näkökulmia ja ideoita kolmannen osapuolen henkilöltä, jonka korvat eivät ole vielä tottuneet äänitteeseen. (3, s. 12.)

2.2 Masteroinnin historiaa

Vuoteen 1948 asti kaikki äänitykset tehtiin suoraan vinylilevyille ja masterointi käsitteenä oli vielä tuntematon. Vuonna 1948 yhdysvaltalainen elektroniikkavalmistaja Ampex kehitti ensimmäisen magneettinauhan, johon äänitykset tehtiin. Magneettinauhalle äänitysstudiossa äänitetty masteräänite täytyi siirtää erikseen vinylilevyille, jotta levyistä oli mahdollista painaa kopioita tehtaassa. Tätä siirtotyötä tekevää henkilöä kutsuttiin siihen aikaan tallenneinsinööriksi (*transcription-engineer*). Tallenneinsinöörin tehtävänä oli myös varmistaa, että siirtovaiheessa ei äänitteestä katoaisi informaatiota.

Vuonna 1955 Ampex julkaisi uutena keksintönä moniraitanauhurin (*selective synchronous recording, Sel-Sync*), joka mahdollisti äänityksen monelle äänityskanavalle erikseen. Masterointi erottui nyt selvemmin omana työvaiheenaan muusta äänitteen tuotannosta. Vuonna 1957 otettiin käyttöön stereolevyt, joiden avulla äänite saatiin kuulostamaan laadukkaammalta kuin aiemmin oli totuttu. Taajuuksien ja dynamiikan analogisen käsittelyn myötä äänite saatiin kuulostamaan voimakkaammalta ja laadukkaammalta radiossa. Tässä vaiheessa masterointia suorittavia henkilöitä kutsuttiin leikkaajiksi (*cutter*). Masterointi-insinööri-nimitystä alettiin käyttää vasta vuonna 1982, jolloin ensimmäiset CD-levyt tulivat markkinoille.

Masteroinnin digitaalinen aikakausi alkoi vuonna 1995, jolloin mp3-tiedostomuodon räjähdysmäinen leviäminen internetissä mullisti musiikkiteollisuuden. Mp3 on vielä tänäkin

päivänä yleisin äänitiedostojen tiedostomuoto sen pienen pakkauskoon takia. Äänen tallentaminen ja kopioiminen on muuttunut huomattavasti helpommaksi, ja äänitiedostojen fyysinen koko onkin nykyään monta kertaa pienempi kuin ennen, jolloin äänitykset tehtiin vielä analogisilla tallentimilla. (1, s. 4–5; 4; 5.)

Äänen digitalisoitumisen myötä käsitys masteroinnista on muuttunut radikaalisti. 2000-luvulla masterointi on muuttunut teknisemmäksi ja luovemmaksi. Suurin osa masterointiin sisältyvästä editointityöstä tehdään nykyään tietokoneella digitaalisessa työympäristössä käyttäen musiikinteko-ohjelmistoja ja digitaalisia lisätyökaluja, eli plugineja (3; 7.). 1990-luvun loppua kohden raja miksauksen ja masteroinnin välillä on muuttunut häilyväisemmäksi. Nykyään suurin osa musiikintekoon suunnitelluista ohjelmistoista sisältää digitaalisen mikserin, jossa voi liittää useita ääniraitoja omille kanaville. Myös masterraidalle on käytössä oma kanavansa, mikä mahdollistaa miksauksen ja masteroinnin suorittamisen samanaikaisesti. Toisin sanoen palaaminen masteroinnista miksaukseen ja takaisin on helpompaa ja nopeampaa, koska molemmat työvaiheet voi suorittaa samalla ohjelmalla samalla kertaa. (1, s. 4–5; 4; 5.)

3 Äänen prosessointitekniikat

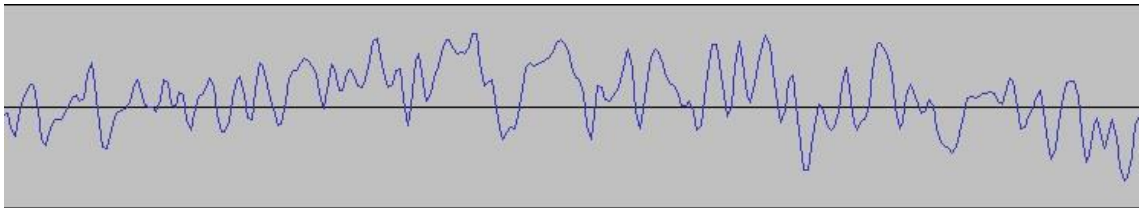
3.1 Äänen fysiikkaa lyhyesti

Ääni on väliaineessa kuten ilmassa etenevää mekaanista aaltoliikettä. Ääntä syntyy äänilähteen, esimerkiksi kitaran kielen värähdyksistä. Ihmiskorva havaitsee ilmassa värähtelevän aaltoliikkeen äänenä. Äänen taajuus tarkoittaa äänen värähtelyn määrää sekunnissa. Äänen taajuuden mitattava yksikkö on hertsi. Ääni kuullaan sitä korkeampana, mitä suurempi äänen taajuus eli värähtelyn nopeus on. Ääniaallon värähdysten laajuutta, eli värähdysten ääripisteiden välistä eroa, sanotaan amplitudiksi. Ääni kuuluu siis sitä voimakkaampana, mitä suurempi ääniaallon amplitudi on. Värähdysaika kuvaa nimensä mukaisesti yhteen värähdykseen kuluva aikaa.

Äänen värähtelyä kuvataan useimmiten käyränä, jota sanotaan äänisignaalksi. Yksinkertaisin mahdollinen signaali muodostuu siniaalloista, jotka koostuvat yhtä suurista, toistuvista värähdyksistä. Musiikkikappaleen äänisignaalin rakenne puolestaan on paljon monimuotoisempi, eli äänisignaali koostuu erimittaisista ja -kokoisista värähdyksistä.

Kuvassa 2 on kuvattu Michael Jacksonin Thriller-kappaleen alkuperäisen version sattumanvaraista kohtaa äänisignaalinä. Kuvassa olevan asteikon pystyakseli kuvaa äänen voimakkuutta desibeleinä, ja vaaka-akseli kuvaa etenevää aikaa.

Kuvan äänisignaalin mittakaavaa on tarkennettu tarkoituksellisesti paljon, jotta siitä nähtäisiin paremmin ääniaaltojen muodot. Äänisignaalin sisältämät erikokoiset ääniaallot ovat merkki siitä, että äänisignaali on hyvin vaihtelevasti matalia ja korkeita taajuuksia. Äänisignaali sisältää myös jonkin verran äänenvoimakkuuksien vaihtelua eli dynamiikkaa, minkä huomaa erisuurista ääniaaltojen amplitudeista. (6; 7, s. 4–8.)



Kuva 2. Esimerkki musiikkikappaleen äänisignaalin rakenteesta (7, s. 8).

3.2 Taajuuskorjaus

Taajuuskorjaus on hyvin yleinen toimenpide sekä miksauksessa että masteroinnissa. Työvaiheen nimi tulee englannin kielen sanasta *equalizing*, josta saadaan lyhenne EQ. Taajuuskorjaus on työvaihe, jossa äänisignaalin eri taajuuksilla joko korostetaan tai vaimennetaan äänenvoimakkuutta ja pyritään löytämään oikea tasapaino eri taajuuksien välille. Miksauksessa taajuuskorjaus on helpompaa kuin masteroinnissa, koska instrumentteja muokataan erikseen omina raitoina. Masteroinnissa taajuuksien korjaaminen on huomattavasti hankalampaa, sillä käsiteltävänä on ainoastaan masterraita, jolloin tietyllä taajuusalueella tehtävät muokkaukset vaikuttavat useaan instrumenttiin samaan aikaan. Masteroinnissa pienilläkin taajuuskorjaimen parametrien arvoilla vaikutukset äänenlaatuun voivat olla hyvin merkittävät. Jos taajuuskorjausta ei suoriteta lainkaan, vahvat äänet saattavat peittää heikommat alleen ja kokonaisuus voi kuulostaa epämiellyttävältä. Miksauksessa voidaan joskus tehdä hyvinkin suuria, jopa yli 10 dB:n korjauksia, jos se on miksauksen kannalta todella tarpeen. Masteroinnissa korjaukset ovat hienovaraisempia ja jäävät useimmiten alle kolmen desibelin. (1, s. 35–36; 8, s. 255.)

Ihminen pystyy kuulemaan ääntä 20–20 000 hertsin alueelta. Tämä kuuloalue jaetaan pienempiin taajuusalueisiin, jotka on lueteltu taulukossa 1. (3, s. 104; 7, s. 5–6; 8, s. 220.)

Taulukko 1. Ihmisen kuulokynnyksen sisältämät taajuusalueet (7, s. 5).

Taajuusalue	Taajuusalueen kuvaus	Taajuusalueen vaikutukset äänen sointiin
1–20 Hz	kuulokynnyksen ulkopuolella	ei voida kuulla
20–40 Hz	alabasso	tarvitaan subwoofer, jotta voidaan havaita
40–200 Hz	basso	basson iskevyyys
200–2500 Hz	keskitaajuudet	sisältää eniten informaatiota
2500–5000 Hz	yläkeskitaajuudet (preesens)	äänen selkeys ja erottuvuus
5000–20 000 Hz	diskanttialue	äänen kirkkaus

Alabassotaajuudet 20–40 Hz ovat niin matalia taajuuksia, että ihmiskorva ei pysty niitä kunnolla havaitsemaan muuten kuin pieninä värityksinä. Tästä syystä alabassotaajuuksia ei juurikaan esiinny rytmimusiikissa, ja usein niitä vaimentamalla saadaan kappaleesta poistettua turhia taajuuksia ja kappale saadaan kuulostamaan kokonaisuudessaan selkeämmältä.

Bassotaajuusalue 40–200 Hz sisältää bassolle tyypillisimmät taajuudet. Bassorummulle ja bassolle saadaan rytmimusiikissa iskevyyttä ja jyrkeyttä korostamalla äänenvoimakkuutta tällä taajuusalueella.

Bassotaajuuksista seuraava taajuusalue sisältää taajuuksia 200–2 500 Hz:n alueelta. Näitä taajuuksia sanotaan keskitaajuuksiksi, ja ne ovat taajuuskorjauksen kannalta haastavinta aluetta, sillä suurin osa instrumenteista sisältää äänenvoimakkuutta myös näillä taajuuksilla. Keskitaajuudet ovat usein niin sanottua ruuhkautunutta aluetta, ja sisältävät paljon kappaleen kannalta tärkeää informaatiota (2, s. 104). Keskiäännet ovat myös äänentoiston kannalta merkittävin alue, koska kaikki äänentoistojärjestelmät pystyvät toistamaan keskitaajuuksia.

Yläkeskitaajuudet sijoittuvat noin 2 500–5 000 Hz:n alueelle. Esimerkiksi vokaalit sisältävät paljon informaatiota yläkeskitaajuuksilla. Äänenvoimakkuuden korostaminen näillä taajuuksilla antaa äänelle tarkkuutta ja erottuvuutta. Yläkeskitaajuuksien muodostamaa aluetta kutsutaan myös nimellä preesens. Masteroinnissa preesensalueen korostaminen vaikuttaa koko kappaleen sointiin, joten muutokset kannattaa pitää maltillisina.

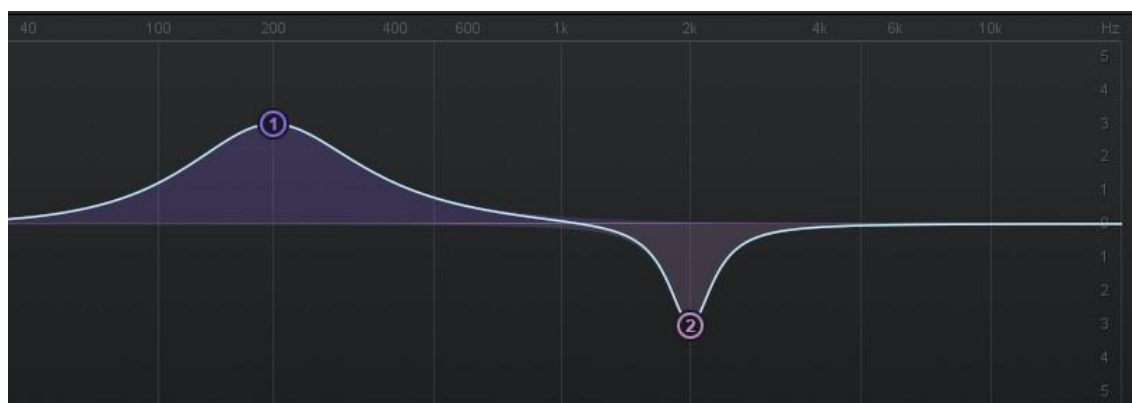
Viimeinen taajuusalue sisältää taajuudet 5 kHz:stä ylöspäin aina ihmisen kuulokynnyksen ylärajalle asti. Näitä ääniä kutsutaan diskanttiaäniksi, ja niitä korostamalla saadaan lisättyä korkeita taajuuksia sisältävien instrumenttien kuten esimerkiksi rumpujen lautasien tai erilaisten näppäilyänten yksityiskohtia ja kirkkautta. (7, s. 5; 8, s. 220–223.)

3.2.1 Taajuuskorjaimen toiminta

Taajuuskorjaimet ovat prosessoreita, joilla voidaan vaikuttaa äänisignaalin eri taajuusalueilla vallitseviin äänenvoimakkuuksiin joko korostamalla tai vaimentamalla taajuuksia tarpeen mukaan. Taajuuskorjaimia on kahden tyyppisiä, graafisia ja parametrisia, ja ne eroavat jonkin verran käytettävyydeltään. Graafisella taajuuskorjaimella voidaan ainoastaan säädellä äänenvoimakkuutta ennalta määrätyillä taajuuskaistoilla, jolloin ei voida vaikuttaa esimerkiksi muokattavan taajuuskaistan leveyteen, vaan ainut säädettävä parametri on taajuuskaistan äänenvoimakkuus. Graafisella taajuuskorjaimella ei siis voida vaikuttaa taajuuksiin kovinkaan tarkasti. Sen sijaan parametrinen taajuuskorjain on selvästi monipuolisempi työkalu, ja siksi myös käytetympi taajuuskorjaimen tyyppi.

Kaikista parametrisissa taajuuskorjaimissa on kolme säädettävää vakioparametria: korjattavan taajuuskaistan huipun keskipiste eli keskitaajuus, äänenvoimakkuus ja taajuuskaistan korostuksen tai vaimennuksen jyrkkyys, jonka tunnuksena käytetään Q-kirjainta. Muutoksen jyrkkyys voidaan laskea jakamalla keskitaajuus taajuuskaistan leveydellä, eli taajuuskaistan leveys on kääntäen verrannollinen muutoksen jyrkkyyteen. Mitä loivempi korostuksen tai vaimennuksen jyrkkyys on, sitä leveämpi taajuuskaista on, ja päinvastoin. (3, s. 104–105; 7, s. 33–34.)

Kuva 3 selventää, miten taajuuskorjauksen säädettävät parametrit ovat säädettävissä parametrisessa taajuuskorjaimessa. Kuvan esimerkin työkaluna on käytetty iZotopen Ozone 7 Equalizer -taajuuskorjainta. Kuvan vaaka-akselilla näkyy taajuusvaste hertseinä, ja pystyakselilla äänenvoimakkuus desibeleinä. Pisteessä keskitaajuus, äänenvoimakkuus, taajuuskaistan leveys ja muutoksen jyrkkyys vaikuttavat kaikki yhdessä muokattavan taajuuskaistan pinta-alaan, jota on kuvassa korostettu taustavärillä. Kuvan vasemmanpuoleisen korostuksen keskitaajuus on 200 Hz. Vastaavasti oikeanpuoleista taajuuskaistaa on vaimennettu kahden kilohertsin keskitaajuudella. Molemmat korjaukset ovat äänenvoimakkuudeltaan kolme desibeliä. Vasemman korjauksen jyrkkyys on selvästi loivempi kuin oikeassa korjauksessa, ja näin ollen vasen taajuuskaista on oikeaa leveämpi.

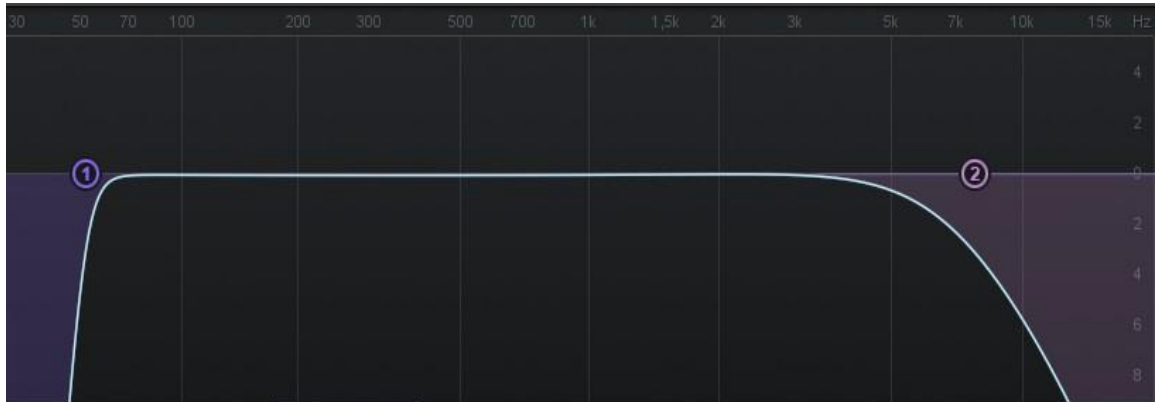


Kuva 3. Esimerkki taajuuskorjauksesta iZotope Ozone 7 Equalizer -taajuuskorjaimella (3, s. 105–106; 9).

3.2.2 Ali- ja ylipäästösuodattaminen

Yleensä ensimmäinen vaihe taajuuskorjauksessa on, että äänisignaalista vaimennetaan heti aluksi ihmisen kuulokynnyksen ulkopuolelle jäävät äänet. Toisin sanoen leikataan taajuusvasteesta kaikki taajuudet 20 Hz:stä alaspäin ja 20 kHz:stä ylöspäin. Prosessia, jossa leikataan rajataajuuksien ulkopuolelle jäävät taajuudet, kutsutaan päästösuodattamiseksi. Päästösuodattamisen jälkeen on helpompi keskittyä taajuusalueen sisällä tehtäviin tarkempiin korjauksiin.

Masteroinnissa voidaan ali- ja ylipäästösuodattaminen suorittaa erikseen omissa taajuuskorjaimissa tai samalla kertaa yhdellä taajuuskorjaimella. Päästösuodattamisen idea on tavallaan alustaa ja valmistella äänisignaalia varsinaista taajuuskorjausta varten. Päästösuodattamisen seurauksena ääni kuuluu kokonaisuudessaan selkeämmin, eikä päästösuodattamisen jälkeen äänessä esiinny esimerkiksi alabassotaajuuksien aiheuttamaa huminaa. (3, s. 107–108.) Kuvassa 4 on esimerkki päästösuodattamisesta, jossa sekä yli- että alipäästösuodattaminen on tehty samalla kertaa käyttämällä vain yhtä taajuuskorjainta.



Kuva 4. Ali- ja ylipäästösuodattimien käyttöesimerkki (3, s. 107–108).

Ylipäästösuodattamisessa leikataan kaikki taajuusvasteen sisältämät matalimmat taajuudet, joita ihmiskorva ei kunnolla pysty havaitsemaan. Rajataajuus, joita matalammat taajuudet leikataan, on useimmiten siinä kohdassa taajuusvastetta, jossa äänen yleisaundin huomataan muuttuvan suodattamisen vaikutuksesta. Rajataajuus on liian korkealla, jos esimerkiksi bassorummun isku on menettänyt osan sen iskevyydestä tai jos basso ei enää erotu kunnolla hyvälläkään bassontoistolla.

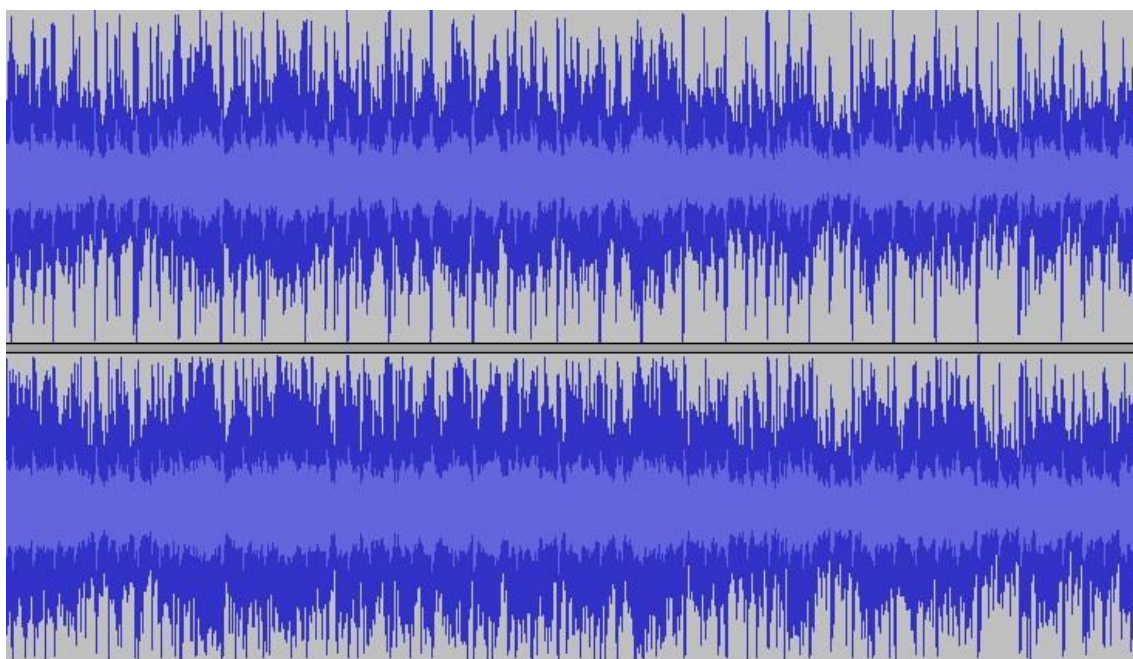
Alipäästösuodattaminen on ylipäästösuodattamisen vastakohta, jossa kaikki liian korkeat taajuudet leikataan pois taajuusvasteesta. Yleensä alipäästösuodattamisen rajataajuus asetetaan ihmisen kuulokynnyksen ylärajalle eli 20 kHz:n kohdalle. Jos rajataajuus asetetaan liian alhaiseksi, äänestä saattaa kadota tärkeää informaatiota. Alipäästösuodattamisella pyritään myös poistamaan äänestä erittäin korkeita taajuuksia sisältävää kohinaa. (3, s. 107–108.)

3.3 Dynamiikan prosessointi

Äänen dynamiikalla tarkoitetaan äänenvoimakkuuserojen vaihtelua äänisignaalisissa. Mitä suurempi ero on äänen kovimman ja hiljaisimman kohdan välillä, sitä enemmän äänessä esiintyy dynamiikkaa. Dynamiikan prosessoinnissa äänen dynamiikkaa joko pienennetään eli kompressoidaan tai suurennetaan eli ekspansoidaan. Masteroinnissa kompressointi on selkeästi käytetympi dynamiikan prosessoinnin muoto. Dynamiikan prosessoinnilla voidaan saada kappaleesta jännittävämmän ja mieleenkiintoisemman kuuloinen, jos prosessointi suoritetaan oikein. Masteroinnissa liiallinen dynamiikan supistaminen saattaa pahimmassa tapauksessa pilata jopa hyvänkin miksauksen, joten

dynamiikan prosessoinnissa tulee olla maltillinen. (3, s. 114–115.) Dynamiikan prosessoinnin tarpeisiin masteroinnissa vaikuttaa myös kappaleen genre. Esimerkiksi rockmusiikissa bassorummun erottumiseen ja iskevyyteen kiinnitetään eri tavalla huomiota kuin elektronisessa konemusiikissa, jossa bassorummun isku on erityisen voimakas.

Kuvassa 5 vertaillaan alkuperäistä prosessoimatonta äänisignaalia ja prosessoitua äänisignaalia keskenään. Kuvassa ylempi signaali kuvaa prosessoimatonta signaalia. Jos kuvaa katsoo tarkemmin, siitä voidaan erottaa selvästi dynamiikan prosessoinnin vaikutus äänisignaalin rakenteeseen.



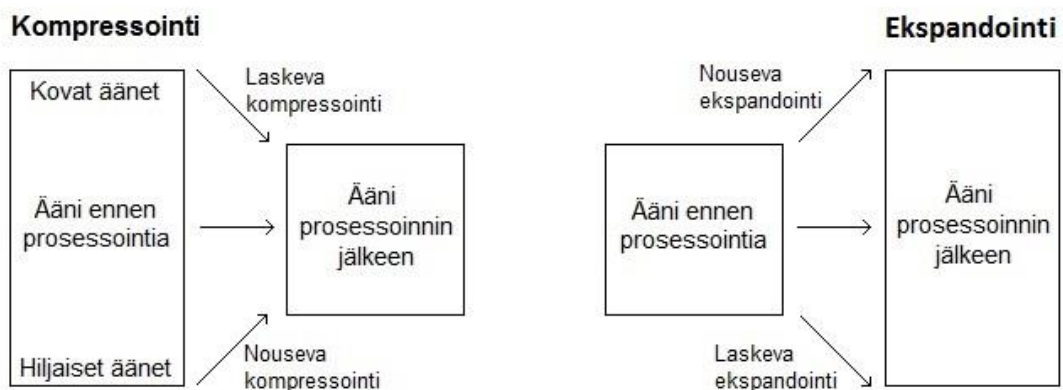
Kuva 5. Vertailukuva, joka koostuu prosessoimattomasta (*ylempi*) ja prosessoidusta (*alempi*) äänisignaalista (10).

Alkuperäisen signaalin iskuja, esimerkiksi rumpujen lyöntejä, voidaan havaita yksittäisinä piikkeinä. Prosessoidussa signaalissa sen sijaan äänenvoimakkuuden erot ovat selkeästi pienemmät eli signaalin rakenne on ikään kuin painunut dynamiikan prosessoinnin seurauksena jonkin verran kasaan. Prosessoidussa äänisignaali piikit ovat edelleen erotettavissa, mutta paikka paikoin iskut saattavat jäädä liikaa muun äänimassan peittämäksi. Toisaalta prosessoidun signaalin äänenvoimakkuus on kokonaisuudessaan suurempi, jolloin hiljaisimmatkin äänet tulevat paremmin kuuluviin.

3.3.1 Kompressointi ja ekspandointi

Kompressoinnilla tarkoitetaan äänen dynamiikka-alueen pienentämistä niin, että äänenvoimakkuuden erot äänisignaalin kovimpien ja hiljaisimpien kohtien välillä pienenevät, ja ääni kuulostaa tasaisemmalta (10; 11). Ekspandointi puolestaan on kompressoinnin vastakkainen toimenpide, jossa äänenvoimakkuuksien eroja halutaan tarkoituksellisesti suurentaa. Ekspandointia käytetään yleensä silloin, kun alkuperäinen, miksattu ääniraita kuulostaa liian tasapaksulta eli tiettyjä yksityiskohtia, kuten yksittäisiä iskuja, halutaan erottaa äänestä enemmän.

Kuva 6 täsmentää kompressoinnin ja ekspandoinnin eroja. Dynamiikan prosessointi jaetaan neljään eri tyyppiin: laskevaan kompressioon, nousevaan kompressioon, laskevaan ekspansioon ja nousevaan ekspansioon. Kaikista yleisin dynamiikan prosessoinnin tyyppi on laskeva kompressio, jossa äänenvoimakkuudeltaan voimakkaimmat kohdat hiljenevät. Hyvä esimerkki laskevasta kompressiosta on limitointi, jossa tiettyä kynnystasoa voimakkaampien äänien äänenvoimakkuus vaimennetaan alle määritetyn kynnystason. Nousevassa kompressiossa sen sijaan hiljaisimpien kohtien äänenvoimakkuus kasvaa. Nousevan kompression seurauksena hiljaiset äänet tulevat paremmin kuuluviin. Laskevassa ekspansiossa hiljaisimpien kohtien äänenvoimakkuus pienenee entisestään, minkä seurauksena äänen sisältämä kohina yleensä vähenee, ja ääni muuttuu selkeämmäksi. Nousevalla ekspansiolla tarkoitetaan laskevan ekspansion vastakkaista toimenpidettä, jossa voimakkaimpien kohtien äänenvoimakkuus nousee. Nousevan ekspansion myötä miksauksessa kadotettua äänen dynamiikkaa saadaan palautettua takaisin.



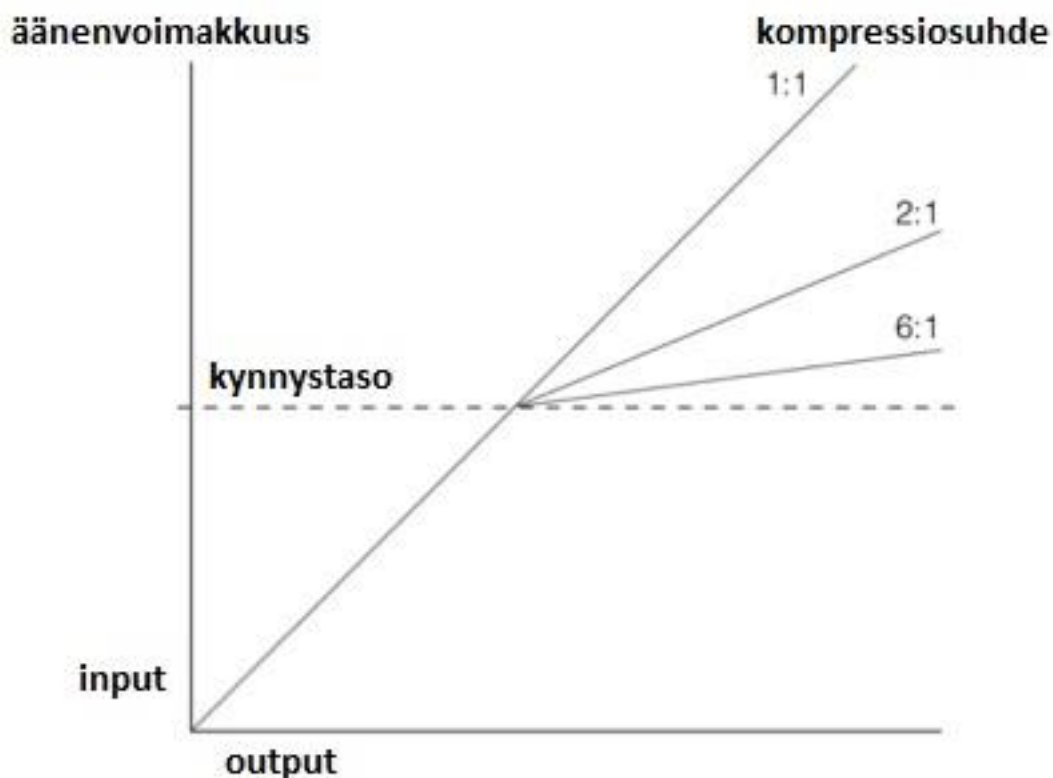
Kuva 6. Kompressoinnin ja ekspandoinnin vertailua (2, s. 115).

Ekspandoinnilla voidaan lisätä kappaleeseen lisää potkua ja jännityksen tunnetta, ja sitä kautta kappaleesta saadaan mielenkiintoisemman kuuloinen. Riippuu täysin kappaleesta, mitä dynamiikan prosessoinnin tyyppiä tulisi käyttää, ja valinta riippuu yleensä miksauskeen jätetyn dynamiikan määrästä. Jos dynamiikkaa on jätetty masterointia varten runsaasti, on kappaletta järkevämpää lähteä kompressoimaan. Jos taas halutaan saada erotettua bassorummun iskut paremmin muusta äänestä, voi ekspandointi olla oikea ratkaisu. (3, s. 114–115.)

3.3.2 Kompressorin toiminta

Kompressoointia varten suunniteltua prosessoria kutsutaan kompressoriksi. Kompressorin toiminta alkaa, kun sen sisään tulevan äänisignaalin äänenvoimakkuus ylittää asetetun kynnystason (*threshold*), jolloin kompressorin alkaa pienentää kynnystason yli menevää signaalia tietyssä kompressiosuhteessa (*ratio*). Kynnystaso on ikään kuin raja-arvo, jossa kompressorin alkaa vaikuttaa. Kompressiosuhde kuvaa hyvin kompressoinnin tehokkuuden astetta.

Kuvassa 7 on kuvaaja, joka esittää kompressorin toimintaa teoriassa. Kuvaajan pysty-akseli kuvaa sisään tulevan kompressoimattoman signaalin (*input*) äänenvoimakkuutta, ja vaaka-akseli kuvaa kompressoinnin tuloksena syntyvän ulostulosignaalin (*output*) äänenvoimakkuutta. Esimerkiksi kompressiosuhteen ollessa 2:1 kaikki kynnystason ylittävät signaali puolittuu. Jos kynnystaso on 10 dB ja kompressiosuhde 2:1, 22 dB:n sisään tuleva signaali pienenee kompressoinnin seurauksena 16 dB:n suuruiseksi. Vastaavasti 6:1 -kompressiosuhteella ulos tuleva signaali olisi samaa 10 dB:n kynnystasoa käyttäen 12 dB. Jos kompressiosuhde on 10:1 tai suurempi, puhutaan limitoinnista. Tällöin kompressiosuhde on jo niin suuri, että ulos tuleva signaali on lähes yhtä suuri kuin itse kynnystaso. (12.) Limitointia käsitellään tarkemmin insinöörityössä luvussa 3.3.1.



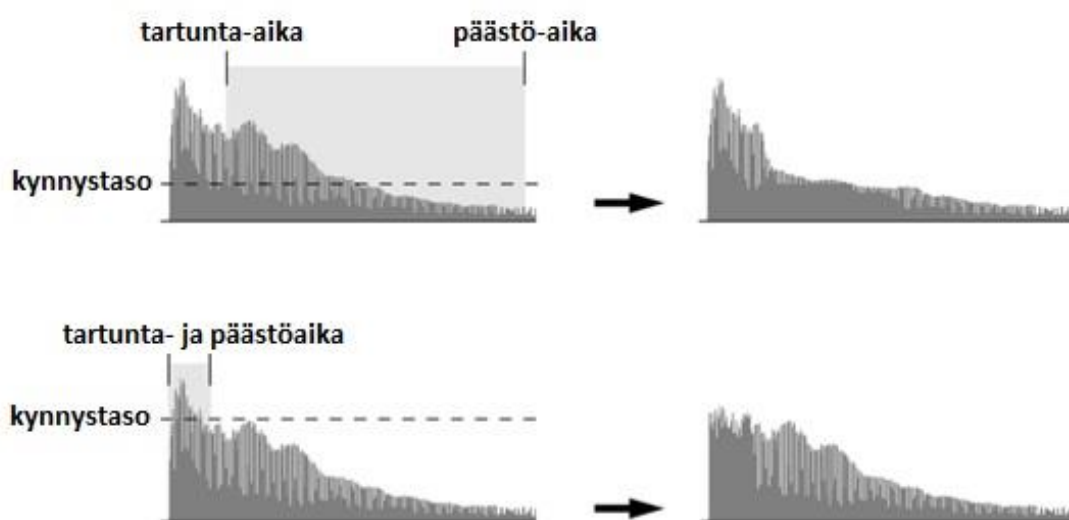
Kuva 7. Kompressorin toiminta teoriassa, kynnystaso ja kompressiosuhde (3, s. 121-122; 11).

Masteroinnissa kompressointi on maltillisempaa ja hienovaraisempaa kuin miksausessa, ja kompressorin parametrien arvot jätetään masteroinnissa useimmiten hyvin pieniksi. Ei ole kuitenkaan olemassa tiettyä sääntöä, kuinka suureksi kompressiosuhde tai muut parametrit pitäisi säätää. Yleisenä ohjeena on, että kompressiosuhde tulisi masteroinnissa asettaa välille 1.5:1–3:1. Joissakin tapauksissa jopa vieläkin maltillisempi, esimerkiksi 1.2:1 -kompressiosuhde voi riittää, mutta silloin myös kynnystason tulisi olla jonkin verran alempana, jotta muutoksella olisi tarpeeksi vaikutusta lopputulokseen. Jos kompressiosuhde on liian suuri, kompressoinnin vaikutuksen voi havaita liian voimakkaana, mikä saattaa aiheuttaa epäluonnollisen vaikutelman. Jos masteroinnissa joudutaan käyttämään suurempaa kompressiosuhdetta kuin 3:1 ja äänenlaatu ei siitä huolimatta kuulosta tarpeeksi hyvältä, on hyvä palata takaisin miksauseseen.

Tartunta- ja päästöaika ovat aikavakioita, jotka määrittävät, kuinka nopeasti kompressorireagoi äänisignaaliin. Aikavakioita säätämällä voidaan vaikuttaa todella paljon kompressorin toimintaan, ja siksi on tärkeää ymmärtää niiden toimintaperiaate. Tartunta-aika (*attack time*) tarkoittaa kompressoinnissa aikaa sen jälkeen, kun äänisignaali on ylittänyt asetetun kynnystason ja kompressorin toiminta on alkanut. Päästöajalla (*release time*)

taas tarkoitetaan aikaa, jolloin äänenvoimakkuus palaa takaisin alkuperäiselle tasolle kompressoinnin vaikutuksen jälkeen. Monissa kompressoreissa on mahdollista valita myös auto-moodi, jossa kompressorin asettaa automaattisesti tartunta- ja päästöajan äänisignaalin sisältämän dynamiikan mukaan. (1, s. 32; 3, s. 120–126.)

Kuva 8 havainnollistaa tartunta- ja päästöajan merkitystä kompressoinnin lopputulokseen. Kuvassa on kaksi vastakkaista esimerkkiä aikavakioiden käytöstä. Ylemmässä esimerkissä sekä tartunta- että päästöaika ovat erittäin hitaita. Hitaan tartunta-ajan seurauksena signaalin alkupään voimakas osuus ikään kuin ehtii väistää kompressoinnin vaikutukset ja tulee paremmin esille muusta signaalista. Jälkimmäisessä esimerkissä tartunta- ja päästöaika ovat hyvin lyhyet, jolloin signaalin voimakas alkuosa leikkautuu kokonaan pois signaalista, mikä pienentää koko signaalin dynamiikkaa merkittävästi. Kuvasta on myös hyvä huomata, että molemmissa esimerkeissä kynnystaso on määritetty eri tasolle. (11.)



Kuva 8. Tartunta- ja päästöajan merkitys kompressoinnissa (11.)

Jos päästöaika on säädetty pidemmäksi kuin aika, jossa äänenvoimakkuus kompressoinnin vaikutuksesta muuttuu, saadaan aikaan niin sanottu pumpppaustehoste. Pumpaus tarkoittaa sitä, että äänenvoimakkuus nousee ja laskee hetkellisesti musiikin tempon tahdissa. Elektronisessa tanssimusiikissa vastaavaa pumpppaustehostetta, jossa basson äänenvoimakkuus laskee hetkellisesti aina bassorummun iskun kohdalla, sanotaan sidechain-pumppaukseksi. (1, s. 32.)

3.3.3 Monikaistainen kompressointi

Monikaistainen kompressor on työkalu, jossa yhdistyy taajuuskorjaimen ja kompressorin ominaisuuksia. Se eroaa tavallisesta kompressorista siinä, että monikaistaisella kompressorilla voi muokata usean eri taajuuskaistan dynamiikkaa erikseen. Monikaistaisen kompressorin käänös englannin kielelle on *multiband compressor*. Monikaistaista kompressoria kutsutaan myös nimellä dynaaminen taajuuskorjain.

Monikaistainen kompressor toimii siten, että ihmisen kuulokynnyksen sisältämä taajuusvaste 20 Hz–20 kHz on jaettu pienempiin osiin, joista jokaisessa toimii oma kompressorinsa. Työkalu asettuu edukseen silloin, kun halutaan kompressoida vain tietyllä taajuuskaistalla ja jättää muut alueet kompressoimatta kokonaan tai jos halutaan kompressoida eri taajuusalueilla eri parametrien arvoilla. Hyvä esimerkki monikaistaisen kompressorin hyödyllisyydestä on se, että työkalun avulla on helpompi erottaa esimerkiksi masterraidalla laulu ja bassorumpu niin, että molemmat erottuvat hyvin toisistaan eivätkä soi koko ajan toistensa päällä häiritsevästi.

Monikaistaisen kompressorin huono puoli on, että väärin käytettynä sillä on mahdollista pilata kokonaisuus helposti. Masteroijan onkin tiedettävä, miten monikaistainen kompressor toimii, ja aikaisempi kokemus työkalun käytöstä on eduksi. Parhaassa mahdollisessa tapauksessa monikaistaisella kompressorilla voidaan sekä korjata miksauksen sisältämiä epätasaisuuksia eri taajuuksilla että nostaa äänen keskimääräistä äänentasoaa. (3, s. 128–129.)

Useimmissa monikaistaisissa kompressoreissa voidaan itse määrittää kompressoitavien taajuuskaistojen lukumäärä, vaihteluväli eli leveys (*range*) ja sijainti taajuusalueella. Taajuuskaistojen ei myöskään tarvitse olla kiinni toisissaan, vaan niiden väliin voi halutesaan jättää tyhjän, muokkaamattoman tilan. (11.)

Kuvassa 9 on esimerkki monikaistaisen kompressorin käyttöliittymästä. Kuvaajan vaak akseli kuvaa taajuusaluetta 20 Hz–20 kHz ja pystyakseli äänenvoimakkuutta desibeleinä. Kuvasta voi erottaa kolme toisistaan erillään olevaa taajuuskaistaa violetilla, sinisellä ja vihreällä värillä korostettuna. Jokainen näistä taajuuskaistoista on erikseen kompressoitavissa. Käyttöliittymän alaosassa olevista ympyränmuotoisista säätimistä voidaan säätää kompressorin parametrien arvoja: kynnystasoa, kompressiosuhdetta, reagointi- ja päästöaikaa ja kompression jyrkkyyttä (*knee*).



Kuva 9. Fabfilter Pro MB-monikaistaisen kompressorin käyttöliittymä (13.).

Kompression jyrkkyys tarkoittaa aikaa, joka kuluu asetetun kompressiosuhteen saavuttamiseen kynnystason ylityksen jälkeen. Jyrkässä muutoksessa (*hard knee*) ääni kompressoituu välittömästi kynnystason ylityksen jälkeen. Loivassa muutoksessa (*soft knee*) ääni kompressoituu pehmeämmin ja kompressiosuhde kasvaa asteittain kohti asetettua kompressiosuhteen arvoa.

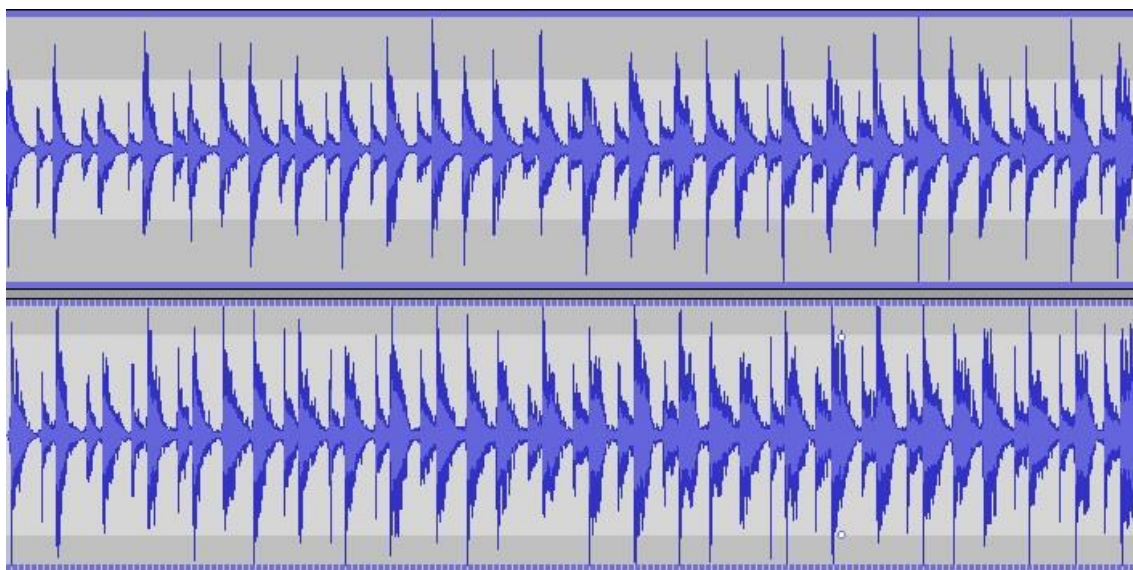
3.3.4 Limitointi

Limitointi tarkoittaa virallisesti kompressoinnin soveltavaa prosessia, jossa kynnystaso toimii äänenvoimakkuuden ylärajana. Limitoinnille on ominaista hyvin korkea kompressiosuhde ja nopea tartunta-aika. Limitoinnin seurauksena kaikki kynnystason ylittävä signaali leikkautuu pois ja jäljelle jää vain kynnystason alittava osa. (1, s. 34.)

Musiikkiteollisuuden kehittymisen myötä limitoinnissa on alettu käyttää äänenvoimakkuuden nollatason asteikkoa. Asteikon yksikkönä on dBFS, joka tulee englannin kielen sanoista *decibels related to full scale*. Nollataso on arvoltaan 0 dBFS, ja se toimii samalla asteikon maksimiarvona. Limitoinnin tarkoituksena on pitää masterraidan äänentaso

mahdollisimman lähellä nollatasoa, mutta kuitenkin niin, että äänentaso on alle nollatason eli äänenvoimakkuuden arvo jää negatiiviseksi. Jos äänentaso ylittää nollatason, ääni voi säröytyä ja vaikuttaa äänenlaatuun häiritsevästi. Masteroinnissa limitoinnin päätehtävänä on pitää äänenvoimakkuus alle nollatason koko masterraidan ajan. Oikea kynnystaso on helpompi löytää tarkastelemalla äänenvoimakkuuden tason mittaria limitoinnin aikana, jolloin nähdään, kuinka usein äänentaso ylittää nollatason. Jos kappaleen suvantovaiheissakin mittari näyttää menevän jatkuvasti nollatason yläpuolelle, on limiterissä laskettava reilusti kynnystasoa. (14.)

Kuva 11 näyttää tietyn pätkän äänisignaalia ennen limitointia ja sen jälkeen. Kuvassa alempana oleva ääniraita kuvaa limitoitua äänisignaalia. Kuvan esimerkin limiterissä on käytetty 2 dB:n kynnystasoa ja nostettu sisään tulevan signaalin äänentasoa (*gain*) niin paljon, että äänenvoimakkuudeltaan suurimmat piikit ovat nollatason tuntumassa. Kynnystason arvo on melko suuri, jotta vaikutukset huomattaisiin kuvasta selkeämmin. Kuvasta huomataan, että suurimmat piikit ovat vaimentuneet ja näin ollen dynamiikka on pienentynyt jonkin verran. Myös keskimääräinen äänentaso on limitoinnin seurauksena hieman kasvanut.



Kuva 10. Äänisignaali ennen limitointia (*ylempi*) ja sen jälkeen (*alempi*) (15).

Nykypäivän trendinä musiikkiteollisuudessa on, että musiikin halutaan kuulostavan mahdollisimman voimakkaalta. Jo mp3-formaatin yleistymisen myötä on ollut havaittavissa ilmiö, jossa vuosi vuodelta musiikin äänekkyyys (*loudness*) on ollut jatkuvassa kasvussa.

Tämä ei tarkoita, että kuuntelulaitteesta säädettäisiin äänenvoimakkuuden (*volume*) säädintä kovemmalle, vaan äänitteen tuotantovaiheessa äänitteen yleinen äänekkyys säädetään mahdollisimman korkeaksi. Jos esimerkiksi soitetaan peräkkäin samalla äänenvoimakkuudella vanhaa, parikymmentä vuotta vanhaa levyä ja tämän jälkeen uutta, vasta julkaistua levyä, todennäköisesti uusi levy soi äänekkäämmin, ja eron voi huomata jo pelkästään kuuntelemalla. (3, s. 66–67.)

Artistien ja yhtyeiden välille on viime vuosina muodostunut yhä enemmän kilpailua siitä, kenen musiikki soi äänekkäimmin. Artisteille on muodostunut harhaluulo siitä, että äänekkyydeltään voimakas musiikki herättää ihmisessä usein jännityksen ja innostuksen tunteita. Tätä ilmiötä on vähitellen alettu kutsua volyymisodaksi. Volyymisodan yleisin käännös englannin kielelle on *loudness war*. Volyymisodan myötä yleiseksi ongelmaksi musiikin tuotannossa on muodostunut tilanne, jossa ollaan pian siinä pisteessä, että äänen dynamiikkaa ei yksinkertaisesti ole enää varaa pienentää. Toisin sanoen äänitettä kompressoidaan liikaa, minkä takia ääni kuulostaa litistetyltä ja tasapaksulta. Esimerkiksi artisti Bob Dylan ja arvostettu masteroija Ian Shepherd ovat ilmaisseet olevansa huolissaan siitä, että kappaleiden dynamiikkaa supistetaan nykyään liikaa (15). Ian Shepherd on tehnyt yhteistyötä monien artistien, kuten esimerkiksi Keanen ja Deep Purplen kanssa. Shepherdin mielestä äänenvoimakkuuden vaihtelulla on tarkoitus luoda musiikkiin jännitteitä, joita ylikompressio päinvastoin vähentää. Osa kuluttajista pitää nykyään ilman ylikompressoitua musiikkia kelvottomana. Kukaan ei kuitenkaan halua puuttua tähän ongelmaan, koska ilmiönä volyymisota on vaikea selittää, jos ei ole aiempaa tietämystä alalta. (16.)

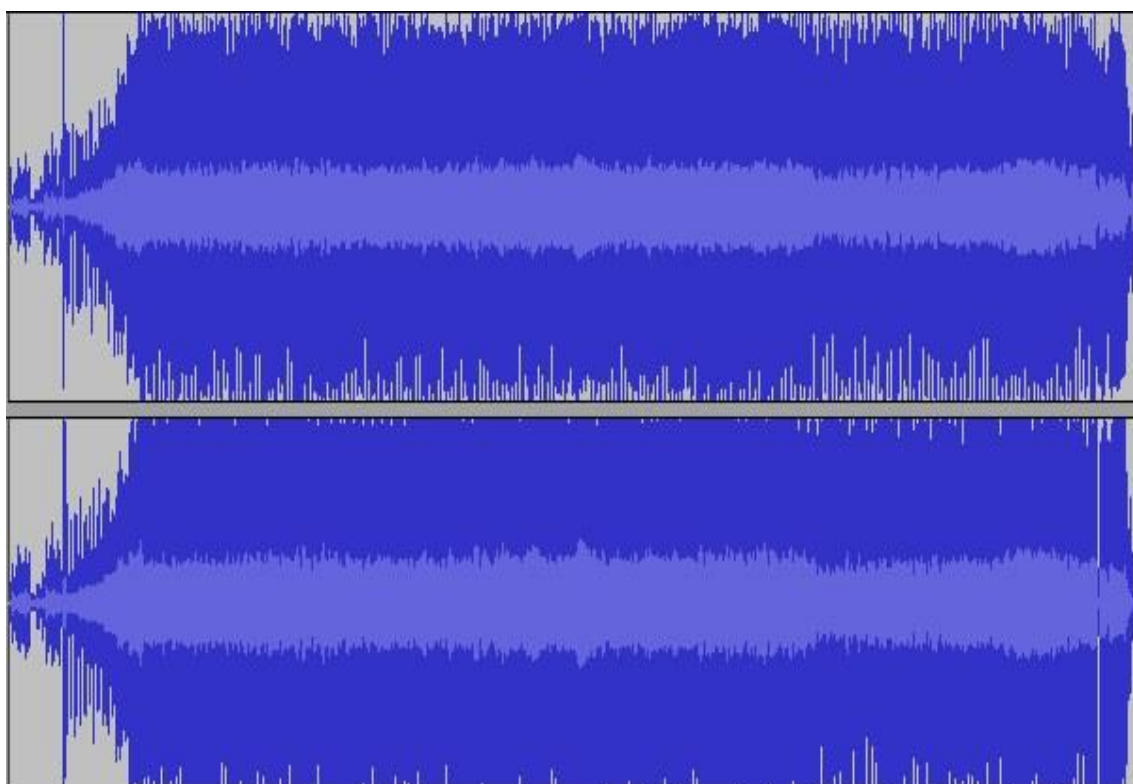
Mitä enemmän musiikki sisältää dynamiikkaa, sitä paremmalta musiikki yleensä kuulostaa toistettuna laadukkaasta äänentoistojärjestelmästä. Hyvällä bassontoistolla varustettu äänentoistojärjestelmä takaa sen, että hiljaisetkin äänet erottuvat selkeästi muusta äänimassasta. Heikommilla äänentoistolaitteilla, kuten kannettavan tietokoneen kaiuttimilla tai nappikuulokkeilla kuunneltuna, äänen sisältämä taajuusvaste pienenee. Liian vähän dynamiikkaa sisältävä musiikki saattaa kuulostaa hyvästä äänentoistojärjestelmästä soitettuna tylsältä ja liian tasapaksulta.

Ylikompressoidussa musiikissa keskitaajuuksia sisältävien instrumenttien kuten kitaran, vokaalien ja lyömäsoittimien merkitys korostuu, ja matalia taajuuksia sisältävän basson merkitys puolestaan heikkenee. Esimerkiksi tavallisen henkilöauton kaiuttimista kuun-

neltaessa keskitaajuuksien sisältämän informaation merkitys kasvaa, koska automaattisella musiikin päällä kuuluu myös taustamelua, joka peittää etenkin matalat taajuudet. Voidaan siis ajatella, että vähemmän dynamiikkaa sisältävä musiikki sopii paremmin kuunneltavaksi sellaisiin tilanteisiin ja ympäristöihin, joissa musiikin päällä soi paljon myös muuta hälyä.

Autossa usein kuunnellaan levyjen lisäksi myös radiota, ja monet radiokanavat supistavatkin soitettavien kappaleiden dynamiikkaa ennen kappaleiden päätymistä radiosoittoon. Radiokanavat saattavat toistaa peräkkäin kappaleita myös eri vuosikymmeniltä, joten kappaleiden lähetysignaalia on rajoitettava. Rajoituksen seurauksena kappaleiden äänekyyden erot pienenevät ja radion äänenvoimakkuuden säätämisen tarve vähenee. (17; 18; 19.)

Kuvassa 12 on vertailtu kahta versiota Michael Jacksonin julkaisemasta Thriller-kappaleesta. Verrattavina ovat kappaleen alkuperäinen versio vuodelta 1982 ja uudelleen masteroitu versio vuodelta 2008. Kuvassa ylempi ääniraita kuvaa alkuperäistä vuoden 1982 signaalia. Aikaa versioiden julkaisemisen välillä on peräti 26 vuotta.



Kuva 11. Michael Jacksonin Thriller-kappaleen kaksi versiota vuosilta 1982 (*ylempi*) ja 2008 (*alempi*) (17; 20).

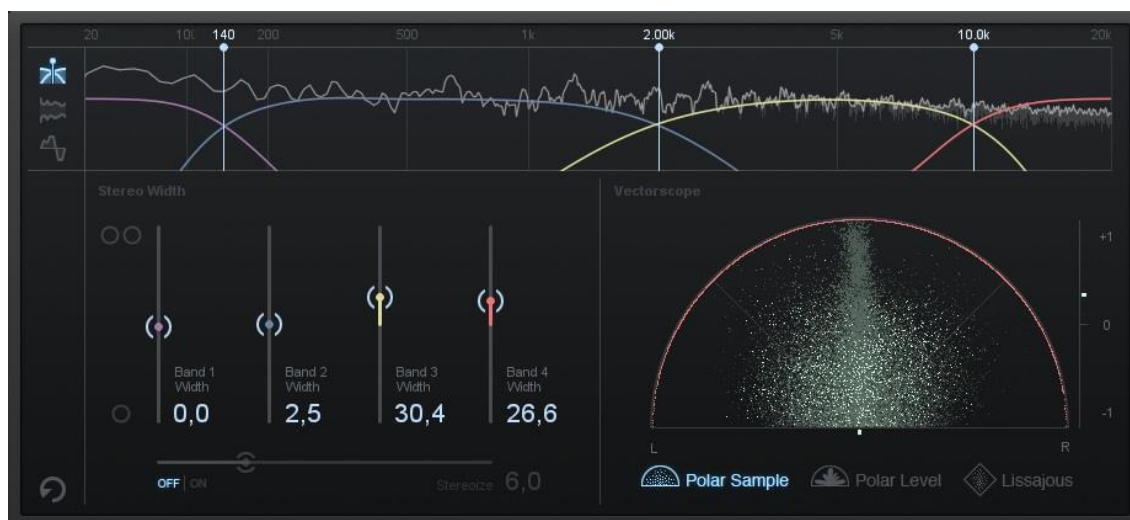
Kuvasta voidaan selkeästi havaita volyymisodan sekä musiikin äänekkyiden jatkuvan kasvun merkit. Vuoden 2008 versiossa äänentaso on huomattavasti korkeammalla ja jatkuvasti aivan nollatason tuntumassa. Alkuperäisessä versiossa vain muutamilla iskuilla äänentaso nousee nollatasolle saakka, joten dynamiikkaa on paljon enemmän kuin vuoden 2008 versiossa. (20.)

3.4 Stereokuvan muokkaaminen

Onnistuneen masteroinnin kannalta on tärkeää ottaa huomioon myös äänen stereokuva. Mitä laajempi se on, sitä miellyttävämmältä ääni yleensä kokonaisuudessaan kuulostaa. Äänen stereokuvalla tarkoitetaan kahden kaiuttimen välistä tilaa, jossa ääni kuuluu. Kuulokkeita käytettäessä stereokuva sijoittuu korvien väliin jäävälle alueelle. Stereokuvan keskikohtaa kutsutaan monoksi. Mono on ikään kuin vasemman ja oikean signaalin summa. Kaikki matalia taajuuksia sisältävät instrumentit, kuten basso, sijoitetaan eli panoroidaan jo miksausessa stereokuvan keskelle.

Äänen stereokuva on tasapainossa, kun ääni kuuluu molemmista kaiuttimista yhtä voimakkaasti. Mikäli näin ei ole, on masterointivaiheessa muutettava joko oikean tai vasemman kanavan äänenvoimakkuutta oikeassa suhteessa. Stereokuvan epätasapaino voi johtua esimerkiksi siitä, että miksausessa on panoroitu kokonaisuudessaan instrumentteja enemmän oikealle tai vasemmalle, jolloin toinen korva havaitsee äänen voimakkaampana kuin toinen. Stereokuvan tasapainottamisen lisäksi masteroinnissa yleensä on myös laajennettava stereokuvaa, jos miksaus kuulostaa liian ohuelta. Stereokuvan laajennuksen myötä ääni kuuluu paremmassa suhteessa myös stereokuvan sivuilla.

Stereokuvan muokkaamiseen on olemassa muutamia hyviä masterointitekniikoita, joista yksi käytetyimmistä on MS-prosessointi, joka tulee englannin kielen sanoista *mid-side processing*. MS-prosessoinnissa on kyse siitä, että ääniraidasta erotetaan keski- ja sivukanavat toisistaan ja korjataan stereokuvan epätasapaino esimerkiksi korostamalla jompaakumpaa sivukanavista. MS-prosessointia varten suunniteltuihin prosessoreihin voidaan lisäksi liittää suotimia, joilla voi muokata stereokuvan lisäksi keski- ja sivukanavien taajuuksia ja dynamiikkaa. (21; 22.) Kuva 13 esittää äänen stereokuvan muokkaamiseen tarkoitetun työkalun käyttöliittymää. Esimerkkityökaluksi on valittu iZotopen Ozone 7 Imager, jolla voidaan muokata usean eri taajuuskaistan stereokuvaa erikseen.



Kuva 12. iZotope Ozone 6 Imager –työkalu äänen stereokuvan laajentamiseen (23).

Käyttöliittymän yläreunassa näkyy taajuusasteikko, joka on jaettu neljään taajuuskaistaan. Taajuuskaistat on erotettu eri väreillä, ja näitä neljää taajuuskaistaa voidaan myös siirtää taajuusalueella.

Vasemmassa alakulmassa olevista säätimistä voidaan muuttaa säädintä vastaavan taajuuskaistan stereokuvaa joko laajemmaksi tai kapeammaksi. Ensimmäisen taajuuskaistan keskitaajuus on määritetty kuvan tapauksessa 140 Hz:n kohdalle. Stereokuvan säädin on tällä kaistalla asetettu mittarin keskelle, jolloin ääni kuuluu 50 % monona ja 50 % sivukanavilla. Korkeammilla taajuuksilla on sen sijaan haluttu äänen kuuluvan laajemmalla alueella myös stereokuvan reunoilla, jotta yleisvaikutelma olisi avarampi.

Oikeassa alakulmassa olevan puoliympyrän muotoisen mittarin sisällä valkoisista pisteistä koostuva grafiikka kuvaa äänisignaalin stereokuvan spektriä tietyllä ajan hetkellä. Grafiikan perusteella voidaan päätellä, että äänen stereokuva on tasapainossa eli ääni on jakautunut tasaisesti sekä stereokuvan keskelle että sivuille. Toisaalta mittarin reunoille jäävä tyhjä tila osoittaa, että stereokuvaa olisi vieläkin varaa laajentaa varsinkin sivukanaville.

Työkalu on todella käytännöllinen varsinkin siinä tapauksessa, että käytössä ei ole omaa studiota tai tarpeeksi hyvää monitorointijärjestelmää. Kuvan perusteella voidaan nähdä, kuinka laajalle säteelle stereokuva ulottuu sekä leveys- että syvyys suunnassa.

3.5 Kohinanpoisto

Kohinaksi sanotaan äänisignaaliin kuulumattomia häiriöääniä, jotka halutaan tarkoituksella poistaa. Kohinaa on olemassa kahta eri tyyppiä. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat kaikki sihisevät ja humisevat äänet. Tällaista kohinaa saattaa syntyä jo äänitysvaiheessa, jolloin esimerkiksi tuulettimesta tai kitaran vahvistimesta johtuva hurina erottuu äänitettyjen ääniraitojen taustalta. Usein kohinaa esiintyy ainakin äänitetyn kappaleen alussa ja lopussa. Kappaleen alkuun ja loppuun halutaan jättää hieman muokkausvaraa, mikä ilmenee muutaman sekunnin mittaisena hiljaisuutena. Toiseen kohinan ryhmään luokitellaan kaikki yksittäiset iskevät äänet, kuten rasahdukset ja naksahdukset.

Humisevan kohinan poistoon käytetään usein kohinasalpaa (*noise gate*). Kohinasalpa vaikuttaa äänisignaaliin samalla periaatteella kuin laskevassa ekspansiossa, jossa äänisignaalin hiljaisimmat kohdat vaimenevat. Kohinasalpa aukeaa, kun äänisignaalin äänenvoimakkuus alittaa asetetun kynnystason, ja sulkeutuu, kun äänenvoimakkuus nousee takaisin kynnystason yläpuolelle. Kohinasalpa toimii siten, että kynnystaso asetetaan kohinan äänenvoimakkuuden ylärajalle eli hyvin alhaiseksi, ja aina, kun äänisignaalin äänenvoimakkuus laskee kynnystason alapuolelle, äänisignaalista leikataan pois kaikki äänet. Ongelmana kohinasalvan käytössä onkin, että äänestä saattaa liian korkeaa kynnystasoa käytettäessä kadota kohinan lisäksi muutakin informaatiota. Monissa kohinasalpatyökaluissa on myös säätimet reagointi- ja päästöaikojen muuttamiseen, mikä lisää kohinasalvan käytettävyyttä. Kohinasalvalla ei kuitenkaan pystytä poistamaan kaikkea nauhoitetun äänen sisältämää kohinaa. (24.)

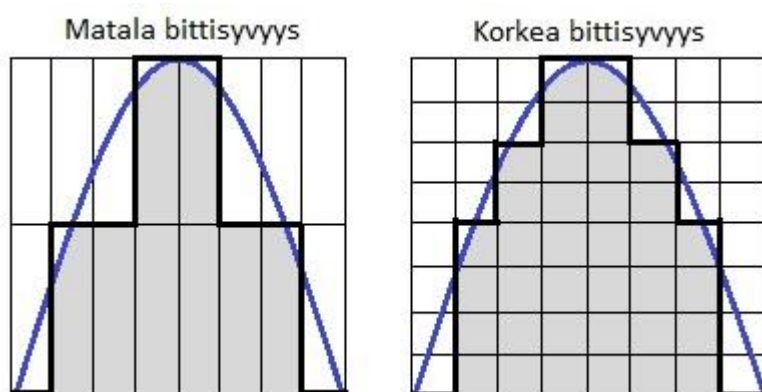
Kohinaa voidaan poistaa myös käyttämällä kohinanpoistotyökalua. Prosessi toimii siten, että ensin määritetään kohinan taajuusprofiili eli valitaan äänisignaalista jokin väli, joka ei sisällä mitään muuta informaatiota kuin itse kohinaa. Tämän jälkeen valitusta kohdasta luodaan profiili, jota käytetään apuna, kun halutaan poistaa kohinaa koko äänisignaalin matkalta. Profiilin määrittämisen jälkeen siis otetaan käyttöön itse kohinanpoistotyökalu, jossa säädetään eri parametrien arvoja, kuten esimerkiksi kohinanpoiston tehokkuutta ja reagointi- ja päästöaikaa. Joillakin työkaluilla kohinanpoisto voidaan suorittaa erikseen myös usealla taajuuskaistalla, jolloin voidaan vaikuttaa erityisesti siihen, minkä tyyppistä ja sävyistä kohinaa halutaan poistaa. (25.)

3.6 Ditherointi

Ditherointi on masteroinnin viimeinen ja myös haastavin työvaihe. Tyävaiheen nimi tulee englannin kielen sanasta *dither*, joka viittaa kohinaan. Ditheroinnissa äänitiedoston bittisyvyyttä halutaan muuttaa julkaisuformaattiin sopivaksi, eli se ei aina ole välttämätön prosessi suorittaa. Ditherointiin liittyy muutama äänen teoriaan liittyvä termi, jotka tulisi ymmärtää ennen siihen ryhtymistä.

Analogisella tallenteella tarkoitetaan tallennetta, jossa ääni tallennetaan käyttämällä fyysisiä äänentallennuslaitteita, kuten magneettinauhaa. Digitaalisessa tallenteessa sen sijaan ääni muutetaan ensin binäärilukuja sisältäväksi numerosarjaksi, minkä jälkeen ääni on mahdollista tallentaa sähköisessä muodossa vaikkapa mp3-tiedostoksi.

Äänitiedoston bittisyvyys kertoo ääninäytteen tallentamiseen käytettyjen bittilukujen määrän. Esimerkiksi 24-bittinen äänitiedosto sisältää 24 lukuparia, jotka koostuvat nolista ja ykkösistä, ja näin ollen ääninäyte voisi saada 2^{24} eli yli 16 miljoonaa mahdollista arvoa. Kuva 14 hahmottaa bittisyvyyden merkitystä ääninäytteen äänenlaatuun. Kuvan asteikon pystyakseli kuvaa ääninäytteen bittisyvyyttä ja vaaka-akseli kuvaa näytteenototaajuutta. Kuvaajien pystyakseli on jaettu osiin, joiden lukumäärä kertoo ääninäytteen bittisyyden. Kuvasta nähdään, että mitä korkeampi ääninäytteen bittisyvyys on, sitä parempi äänenlaatu on ja sitä paremmin signaali säilyttää alkuperäisen muotonsa.



Kuva 13. Matalan ja korkean bittisyyden vertailu (26.).

Näytteenottotaajuudella tarkoitetaan analogisesta äänilähteestä tallennetun äänisignaalin sisältämän ääninäytteen aikaväliä. Esimerkiksi 10 Hz:n näytteenottotaajuudella äänisignaalia tallennetaan 10 ääninäytettä sekunnissa. Mitä suurempi näytteenottotaajuus on, sitä vähemmän ditheroinnin seurauksena äänestä katoaa informaatiota. Toisin sanoen tallenteen äänenlaatu on sitä parempi, mitä suurempi äänen näytteenottotaajuus on. CD-levyn bittisyvyys on 16 ja näytteenottotaajuus 44,1 kHz. Nykypäivänä käytetyin bittisyvyys on 24.

Jotta äänitiedosto olisi mahdollista polttaa cd-levylle, on 24 bittinen tiedosto muunnettava eli ditheroitava 16-bittiseksi. Ditheroinnilla pyritään samalla vähentämään äänen säröytymistä. Kun bittisyvyttä pienennetään, lisätään ääneen samalla pieni määrä sattumanvaraista kohinaa. Kohinan lisäämisellä pyritään korvaamaan bittisyvyyden pienentämisessä katoavaa informaatiota. Kohinasta huolimatta tiedoston äänenlaatu saattaa kärsiä ditheroinnista jonkin verran. (26; 27; 28.)

4 Oma masterointiprojekti

Insinööritöön osana masteroin Michael Jacksonin Thriller-kappaleen alkuperäisen, vuonna 1982 julkaistun version ja vertailin masterointityön tulosta alkuperäisen version lisäksi vuoden 2008 masteroituun versioon. Tein masterointityön pienimuotoisessa kotistudiossa, jossa käytin studiokäyttöön sopivia kuulokkeita ja tietokonetta, johon oli asennettuna masterointiin tarvittavat ohjelmistot ja lisätyökalut, kuten Fruity Loops Studio 10 -ohjelmisto ja iZotope Ozone 7 -lisätyökalupaketti, johon kuului muun muassa oma taajuuskorjain, monikaistainen kompressor, limiteri, ja työkalut stereokuvan laajentamiseen ja äänen kirkkauden lisäämiseen. Kaikki iZotope Ozone 7:n sisältämät työkalut toimivat saman käyttöliittymän kautta.

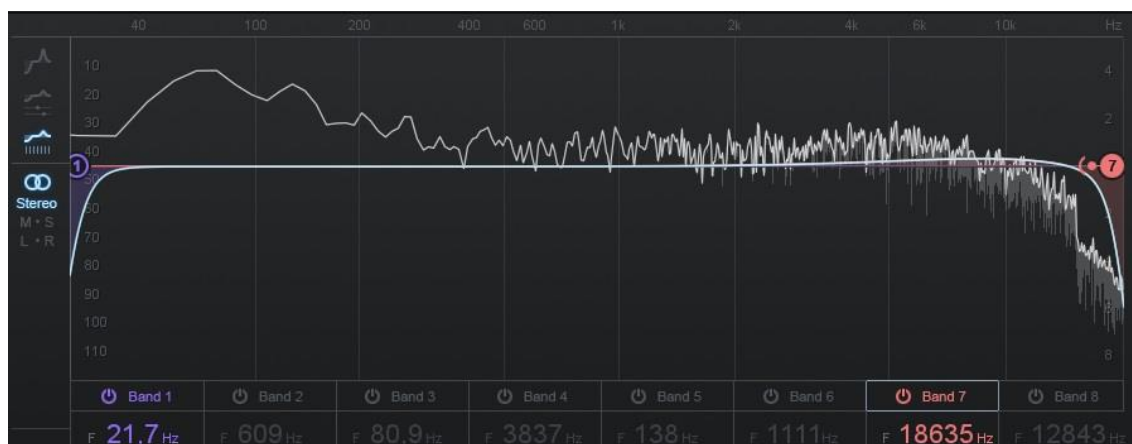
Ennen varsinaista masterointiprosessia kuuntelin masteroitavan kappaleen muutaman kerran läpi alusta loppuun saadakseni käsityksen sen yleisilmeestä. Yritin samalla painaa mieleen kappaleesta eri yksityiskohtia, kuten eri instrumenttien sisältämien taajuuksien erottuvuuden, stereokuvan laajuuden, dynamiikan määrän ja esiintyvän kohinan määrän.

Päätin tehdä kappaleen masteroinnin prosessointivaiheet seuraavassa järjestyksessä: taajuuskorjaus, dynamiikan prosessointi, kirkkauden lisääminen, stereokuvan muokkaaminen ja äänekkyuden maksimointi. Kappaleesta ei erottunut taustamelua tai häiriöääniä, joten kohinanpoistolle ei ollut tarvetta. Myös ditherointi osoittautui tarpeettomaksi, koska kappaletta ei ollut tarvetta polttaa cd-levylle, vaan renderöin lopullisen version mp3-tiedostomuotoon. Alkuperäisen kappaleen miksaus kuulosti jo masteroimattomana melko hyvältä. Kappaleesta kuitenkin erottui selkeästi ominaisuuksia, joita voisi muokata paremmaksi. Masteroinnille oli siis tarvetta, ja mahdollisuudet kappaleen äänenlaadun parantamiseksi olivat hyvät. Masteroinnin tavoitteena oli saada kappale kuulostamaan alkuperäistä voimakkaammalta, selkeämmältä, kirkkaammalta, laajemmalta ja yleisilmeeltään miellyttävämmältä kuunnella. Mielestäni tavoitteet olivat myös realistiset toteuttaa. (29.)

4.1 Prosessointivaihe

4.1.1 Taajuuskorjaus ja dynamiikan prosessointi

Ensimmäisenä prosessina tein ali- ja ylipäästösuodatuksen, jotta ylimääräisiä taajuuksia sisältävän informaation saisi leikattua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa pois äänisignaalista. Rajasin kappaleen sisältämän taajuusvasteen aluksi 20 Hz:n ja 20 kHz:n välille. Pienensin tämän jälkeen taajuusvastetta vielä vähän sen mukaan kuinka suuria taajuuksia ääni sisälsi. Kuvan 15 asteikolta nähdään äänen eri taajuuksille jakautuva informaatio. Informaation voi nähdä taustalla näkyvästä valkoisesta signaalista. Signaali kuvaa äänen taajuusjakaumaa kappaleen tietyllä hetkellä. Kuvan vasemmassa ja oikeassa reunassa olevat pisteet kuvaavat muokattavien päästösuodattimien rajataajuuksia. Äänestä siis leikattiin kaikki 21,7 Hz:n alittavat taajuudet ja kaikki 18,7 kHz:n ylittävät taajuudet. Suodattimien jyrkkyys on yhtä suuri.



Kuva 14. Ali- (oikealla) ja ylipäästösuodattaminen (vasemmalla) (3, s. 107-108; 23).

Päästösuodattamisen jälkeen siirryin tekemään tarkempia taajuuskorjauksia. Kuvassa 16 nähdään tehdyt taajuuskorjaukset. Korjaukset tehtiin numerojärjestyksessä, eli ensimmäinen tarkempi korjaus on merkitty kuvassa numerolla 2. Kuvan alareunassa näkyy eri taajuuskaistojen korjausten parametrien arvot eri väreillä. Muokattavina parametreina olivat muokattavan taajuuskaistan keskitaajuus, äänenvoimakkuus ja korjauksen jyrkkyys eli Q-arvo.



Kuva 15. Tarkemmat taajuuksien korjaukset (23).

Ensimmäisen korjauksen tarkoituksena oli lisätä bassorummun iskeytyä ja voimakkuutta jo etukäteen mahdollisen dynamiikan prosessoinnin varalta. Tein siis noin yhden desibelin maltillisen, melko loivan korotuksen noin 75 Hz:n keskitaajuudella, johon bassorummun iskeytyys suurin piirtein kappaleessa sijoittuu.

Seuraavaksi vaimennettiin alakeskitaajuuksilta, 371 Hz:n kohdalta 0,5 desibeliä. Tarkoituksena alakeskitaajuuksien vaimentamisella oli luoda tasapainoa taajuuksien välille ja vähentää runsaan informaation sisältämää äänenvoimakkuutta tällä taajuusalueella. Tämän jälkeen vaimensin hyvin vähän äänenvoimakkuutta noin seitsemän kHz:n keskitaajuudella, jotta diskantit eivät erottuisi liikaa.

Tämän jälkeen bassoääniä vaimennettiin hieman 118 Hz:n keskitaajuudella, koska aiempi 75 Hz:n korotus vaikutti myös jonkin verran basson kuuluvuuteen, joten bassoa vaimennettiin takaisin hiljemmaksi hieman bassorummun iskevyyden ulkopuolelle jäävillä korkeammilla taajuuksilla. Tavoitteena oli säilyttää bassorummun iskeyys ja vaimentaa bassoa samanaikaisesti. Lopuksi vielä korostettiin hieman yläkeskitaajuuksia, jotta esimerkiksi laulu ja virvelirumpu erottuisivat paremmin.

Oikeat Q-arvot löytyivät kokeilemalla. Mitä loivempi korjauksen jyrkkyys oli, sitä laajemmin korjauksen vaikutuksen saattoi havaita. Poikkeuksena oli kuitenkin 75 Hz:n kohdalla tehty korjaus, joka oli muita korjauksia jyrkempi. On myös hyvä huomata, että käyttöliittymän sisältämän taajuusvasteen asteikko muuttuu epätarkemmaksi, mitä korkeammaksi taajuus muuttuu. Tähän ratkaisuun on päädytty, jotta koko taajuusvaste mahtuisi kuvaan kokonaan.

Taajuuskorjauksen jälkeen siirryttiin dynamiikan prosessointiin. Apuna käytettiin iZotope Ozone 7 Dynamics -monikaistaista kompressoria. Työkalulla pystyi samassa käyttöliittymässä sekä kompressoimaan että limitoimaan monella taajuuskaistalla erikseen. Muokattavissa oli neljä taajuuskaistaa, joiden leveyttä ja sijaintia taajuusvasteen muodostamalla jänalla pystyi muuttamaan. Kuvassa 17 on mainitun Dynamics-työkalun käyttöliittymä. Kuvasta nähdään myös, millä parametrien arvoilla dynamiikan prosessointi on tehty. Muokattavia kompressorin parametreja olivat kynnystaso, kompressiosuhde sekä reagointi- ja päästöaika. Limitterin muokattavat parametrit olivat käytännössä samat, jopa limitterin kompressiosuhde oli säädettävissä. Limitterin ero kompressorin nähden tässä tapauksessa oli se, että limitterissä kompressiosuhteen oli oltava vähintään 10:1.



Kuva 16. Dynamiikan prosessointi monikaistaisella kompressorilla ja limiterillä (23).

Dynamiikan prosessoinnin ensimmäisenä vaiheena tehtiin kompressointi. Kompressoinnissa käytettiin enintään 2:1 -kompressiosuhdetta, jotta muutos olisi pehmeä eikä dynamiikkaa supistuisi liikaa. Kompressorin kynnystasoa laskettiin jokaisella taajuuskaistalla muutama desibeli alle äänenvoimakkuuden maksimin. Matalilla taajuuksilla käytettiin tarkoituksellisesti hieman hitaampia aikavakioita kuin korkeammilla taajuuksilla, jotta bassorummun isku väistyisi kompressorin vaikutuksen tieltä. Dynamiikan prosessoinnin kannalta oli tärkeää, että bassorummun isku erottuisi vähintään yhtä hyvin kuin alkupeiräisessä versiossa ja säilyttäisi kappaleessa sen tarvitseman iskevyyden ja rytmikyyden. Limitterin asetuksia ei juurikaan tarvinnut säätää. Ainoastaan kahdella matalimmalla taajuuskaistalla limitterin kompressiosuhde säädettiin arvoon 20:1, jotta kynnystason muodostava raja olisi kestävämpi.

4.1.2 Äänen kirkkauden ja stereokuvan muokkaaminen

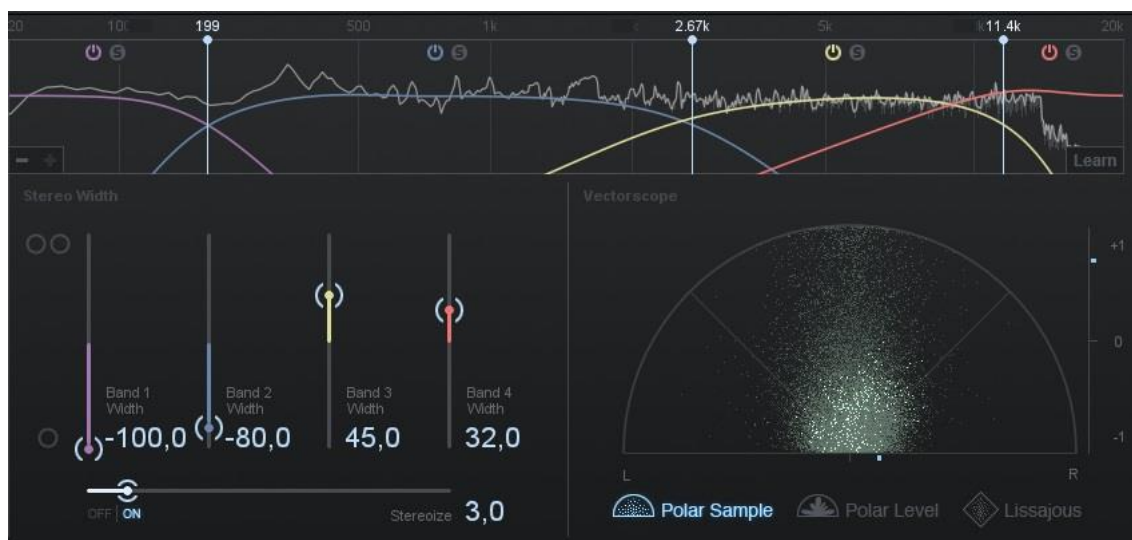
Dynamiikan prosessoinnin jälkeen siirryttiin säätämään äänen kirkkautta ja sävymaailmaa. Tähän tarkoitukseen on olemassa työkalu nimeltä Exciter, Sillä työkalulla saatiin tarkennettua ja korostettua äänen yksityiskohtia halutuilla taajuusalueilla. Työkalua käytettiin pääasiassa lisäämään kirkkautta korkeille taajuuksille ja selkeyttämään esimerkiksi laulun sanoja ja virvelirummun iskuja. Matalilla taajuuksilla kirkkauden lisääminen päinvastoin vain huononsi äänenlaatua entisestään, ja matalille taajuuksille muodostui epämiellyttävää huminaa, joten ne jätettiin entiselleen ilman kirkkauden lisäyksiä.

Kuvassa 18 näkyy iZotope Ozone 7 Exciter -työkalun käyttöliittymä. Taajuusvaste oli jaettu erikokoisiin säädettäviin taajuuskaistoihin, niin kuin esimerkiksi moniraitaisessa kompressorissakin. Säädettävinä parametreina olivat tässä tapauksessa kirkkauden määrä ja kirkkauden tehokkuus prosentteina. Exciter-työkalussa käytettiin MS-prosessointitekniikkaa, eli äänen kirkkautta säädettiin erikseen stereokuvan keskellä ja sivuilla. Kuvasta nähdään stereokuvan keskelle tehdyt kirkkauden muutokset, jotka ovat hieman maltillisempia kuin stereokuvan sivuille tehdyt muutokset. Kuvasta nähdään myös, että kirkkautta lisättiin eniten yläkeskitaajuuksien muodostamalle alueelle, jossa laulu ja erilaiset klikkausäänet ja rumpujen lyönnit sisälsivät eniten informaatiota. Muokkauksen tehokkuudet säädettiin enintään 50 prosenttiin, jotta muutos havaittaisiin pehmeämmin.



Kuva 17. Kirkkauden lisääminen (23; 28).

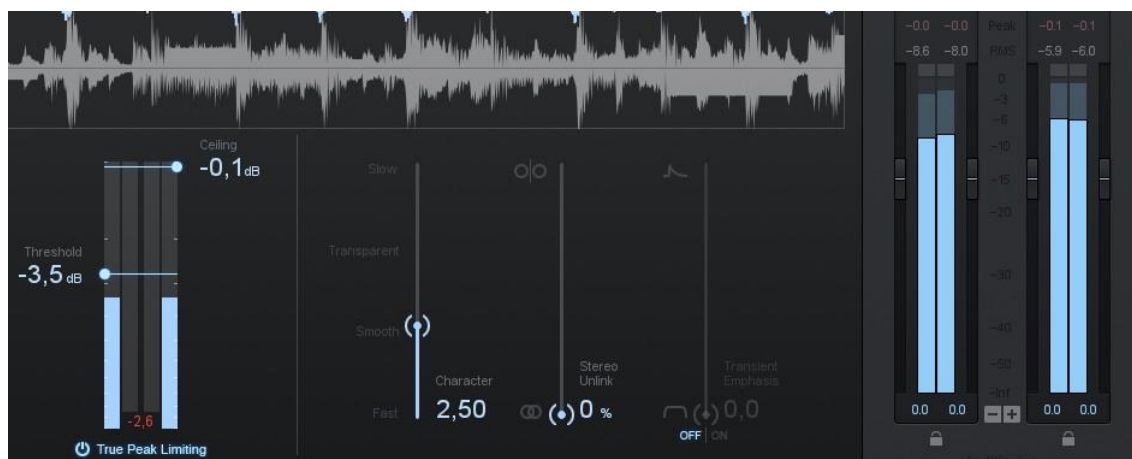
Äänen kirkkauden lisäämisen jälkeen tehtiin stereokuvan laajentaminen. Tähän tarkoitukseen käytettiin iZotope Ozone 7 Imager -työkalua. Kuvassa 19 näkyvät äänen stereokuvaan koskevat muokkaukset. Matalimmilla taajuuksilla äänet on säädetty kuulumaan kokonaan monona, eli stereokuvan keskellä. 200–2670 Hz:n välisellä taajuuskaistalla stereokuvaa säädettiin kuulumaan todella pienessä suhteessa myös stereokuvan reunoilla. Sävyiltään korkeampia ääniä levitettiin enemmän stereokuvan reunoille, jotta ne kuuluisivat laajemmin molemmista kaiuttimista. (21; 28.)



Kuva 18. iZotope Ozone 7 Imager –työkalun käyttöliittymä (23).

4.1.3 Äänekkyiden maksimointi

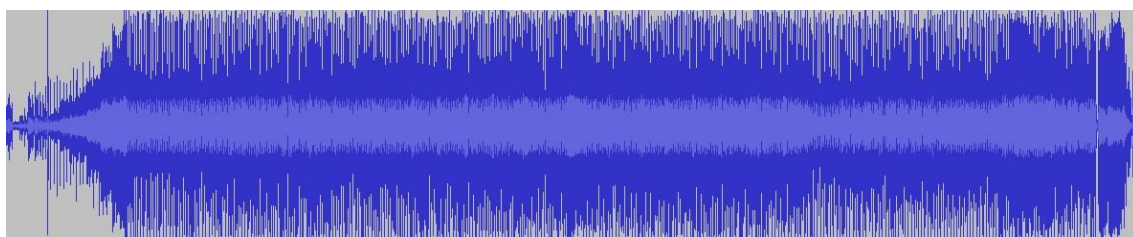
Masteroinnin viimeisenä vaiheena tehtiin kappaleen äänekkyiden maksimointi, eli kappaleen äänekkyttä nostettiin lähemmäksi nollatasoa. Kuvassa 20 on iZotopen masterointityökaluihin kuuluvan Maximizer-työkalun käyttöliittymä. Kuvan oikeassa reunassa olevasta mittarista on hyvä painaa mieleen Peak- ja RMS-arvot. Peak-arvo tarkoittaa koko kappaleen voimakkaimman kohdan äänentaso, joka on -0,1 eli hyvin lähellä nollatasoa. RMS-arvo puolestaan ilmoittaa kappaleen sisältämän äänekkyiden tietyllä kappaleen hetkellä. Kuvasta nähdään, että äänekkyys kuvan ottamisen hetkellä on -5.9. Maximizeria käytetään siten, että kynnystasoa lasketaan enintään mittarin näyttämän äänekkyiden maksimiarvon verran, jolloin kappaleen äänentaso nousee samalla, kun kynnystasoa lasketaan, ja ääni kuullaan näin ollen voimakkaampana. Äänekkyiden yläraja sijaitsee siis noin 6 dB:n päässä nollatasosta. Jos kynnystasoa laskettaisiin esimerkiksi puolet enemmän eli 12 dB, ääni kuulostaisi edelleen voimakkaamalta, mutta äänenlaatu kärsisi jo 6 dB:n kynnystason kohdalla ja ääneen alkaisi muodostua säröä. Masterointiprojektissa laskettiin kynnystasoa 3,5 dB:n verran ja äänekkyiden eron huomasi erittäin selvästi alkuperäiseen versioon verrattuna. (23; 30.)



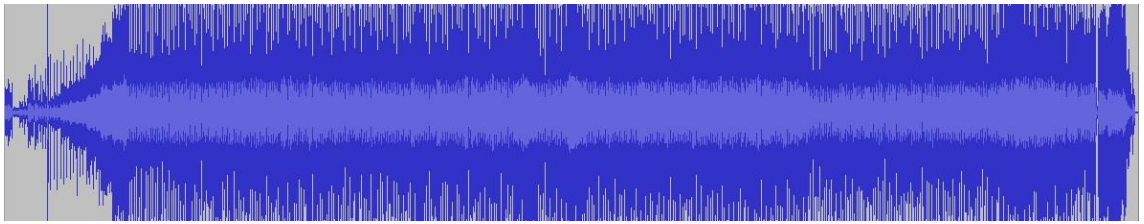
Kuva 19. iZotope Ozone 7 Maximizer –työkalu (23; 30).

4.2 Oman masterointityön tulos

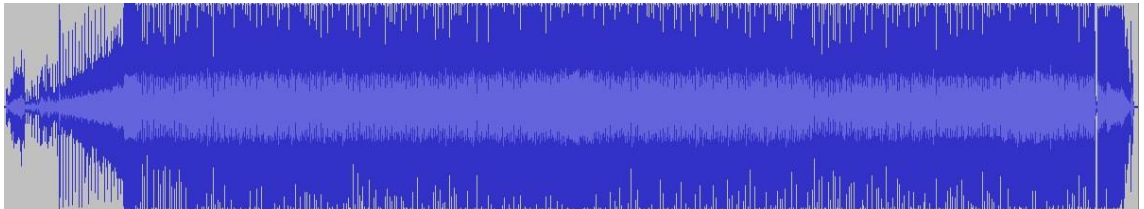
Masteroinnin tuloksena syntyneen kappaleen ero aiempiin versioihin verrattuna oli selvästi havaittavissa. Kaikista selvimmin eron pystyi havaitsemaan äänen dynamiikasta. Eron huomasi helposti äänisignaalien rakenteista, jotka ovat tarkasteltavina kuvissa 21, 22 ja 23. Vuonna 2008 masteroidun version ero alkuperäiseen versioon verrattuna on melko pieni, mutta äänekkyys on hieman kasvanut, minkä huomaa siitä, että äänisignaali on hieman painunut kasaan. Kuvissa äänisignaalit ovat koko kappaleen pituisia, joten yksittäisiä piikkejä on hieman hankala erottaa, mikä ei anna täydellistä kuvaa äänen sisältämän dynamiikan määrästä. Jos kuvia katsoo tarkemmin, voi eron kuitenkin huomata.



Kuva 20. Michael Jackson – Thriller (alkuperäinen versio vuodelta 1982) (20).

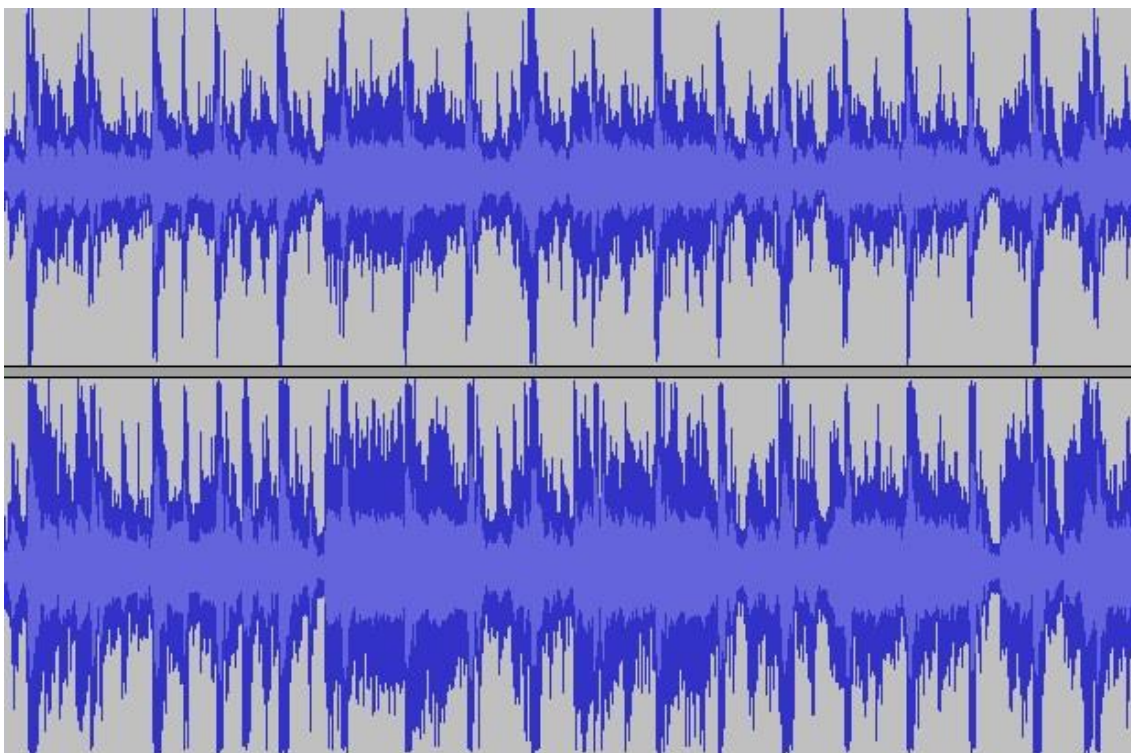


Kuva 21. Michael Jackson – Thriller (masteroitu uudelleen vuonna 2008) (20).



Kuva 22. Michael Jackson – Thriller (Oman masteroinnin tulos) (20).

Kuva 24 sisältää Thriller-kappaleen sisältämän otoksen sekä alkuperäisestä että itse masteroidusta versiosta. Kuvassa alempi äänisignaali kuvaa oman masteroinnin tuloksena syntynyttä signaalia. Kuvasta 24 nähdään äänen sisältämän dynamiikan määrä paremmin kuin kuvista 21, 22 ja 23, koska siinä äänisignaaleja on tarkennettu. Kuvan 24 perusteella voidaan sanoa, että masteroinnin jälkeen äänessä on edelleen tarpeeksi dynamiikkaa, vaikka kuvan 23 signaali näyttää ehkä jopa hieman ylikompressoidulta. Oman masteroinnin tuloksena syntyneen signaalin äänekkyyys on kasvanut huomattavasti ja kovat iskut erottuvat silti tarpeeksi hyvin.



Kuva 23. Veratailua Thriller-kappaleen alkuperäisen version (*ylempi*) ja oman masteroinnin tuloksen (*alempi*) äänisignaalien välillä (20).

Versioiden välisiä eroja on dynamiikan lisäksi muitakin, mutta niitä ei huomaa äänisignaalia tarkastelemalla, vaan eron huomaa ainoastaan kuuntelemalla. Masteroinnin ansiosta kappale soi nyt voimakkaampana ja äänenvoimakkuuden maksimi pysyy koko kappaleen ajan lähempänä nollatasoa kuitenkin ilman äänen säröytymistä. Ääni kuulostaa myös tarkemmalta, äänen yksityiskohdat tulevat paremmin esille, ja ääni kuulostaa kirkkaammalta varsinkin korkeammilla taajuuksilla.

Oma arvioni masteroinnista on, että masteroitu kappale kuulostaa kokonaisuudessaan paremmalta kuin alkuperäinen versio. On tietenkin selvää, että mielipiteet voivat vaihdella kuuntelijasta riippuen. En mielestäni noudattanut mitään tiettyä musiikillista kaavaa tai seurannut volyymisodan mukana tulevaa trendiä. Keskityin työssäni enemmänkin parantelemaan niitä kappaleen ominaisuuksia, joiden katsoin olevan kappaleen kannalta tärkeässä asemassa. Oma masteroinnin tulos oli kaiken kaikkiaan onnistunut.

5 Yhteenveto

Masterointi on äänitteen tuotannon viimeinen, sekä teknistä osaamista että luovuutta vaativa työvaihe, jossa muokataan valmiiksi miksattua ääniraitaa eli masteria ja muokataan äänitteestä mahdollisimman laadukas ja miellyttävä kuuloinen kokonaisuus. Masteroinnin tarkoituksena on korjata miksauksessa havaittuja epäkohtia ja viimeistellä äänite julkaisukelpoiseksi. Masteroinnin tuloksena kappale soi yleensä voimakkaammin, tasapainoisemmin ja kirkkaammin, ja instrumentit erotetaan paremmin toisistaan.

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia yksittäisen musiikkikappaleen masterointia käytännön työnä. Insinööriyö aloitettiin käsittelemällä äänitteen tuotantoa laajemmin yhtenä kokonaisuutena ja selvittämällä masteroinnin roolia ja merkitystä osana äänitteen tuotantoprosessia. Insinööriyön alussa perehdyttiin myös lyhyesti masteroinnin historiaan, jotta saataisiin paremmin kuva siitä, miten masterointi on kehittynyt nykypäivään saakka ja muuttunut omaksi itsenäiseksi työvaiheeksi.

Insinööriyössä keskityttiin tutkimaan yksittäisen musiikkikappaleen masterointia ja siihen kuuluvia tärkeimpiä prosessointitekniikoita. Prosessointitekniikoiden avulla saatiin muokattua äänen eri ominaisuuksia, kuten esimerkiksi taajuuksia, dynamiikkaa ja stereokuvaa. Taajuuskorjauksella saatiin muutettua äänenvoimakkuuden tasapainoa korostamalla tai vaimentamalla äänenvoimakkuutta eri taajuusalueilla, jolloin ne soivat suhteessa eri äänenvoimakkuudella toisiinsa nähden. Dynamiikan prosessoinnilla pyrittiin pienentämään eli kompressoimaan äänen sisältämiä äänenvoimakkuuden vaihteluita.

Taajuuskorjausta ja dynamiikan prosessointia varten on olemassa monia erilaisia työkaluja, joita käytetään hieman eri tarpeisiin. Esimerkiksi monikaistaisella kompressorilla voidaan muokata äänen dynamiikkaa monella taajuuskaistalla erikseen eri säädöillä. Joissakin työkaluissa on mahdollista jopa korjata taajuuksia erikseen sekä stereokuvan keskellä että reunoilla. Masteroinnissa on tärkeää pitää äänen ominaisuuksiin kohdistuvat muutokset maltillisina, koska tietyllä taajuusalueella tehtävät korjaukset vaikuttavat useaan instrumenttiin samaan aikaan ja pienilläkin parametrien arvojen muutoksilla voidaan saada merkittäviä eroja aikaan.

Insinööriyön viimeinen osuus koostui käytännön projektista, jossa masteroitiin Michael Jacksonin Thriller-kappaleen alkuperäinen versio ja arvioitiin masteroinnin tulosta masteroitavan kappaleen aiempiin versioihin. Versioiden äänisignaalien rakenteesta voitiin

havaita selkeä yhteys volyymin sodan aiheuttamaan musiikilliseen trendiin, jossa vuosi vuodelta musiikin äänekkyys on ollut jatkuvassa kasvussa, mikä johtuu siitä, että musiikin sisältämää dynamiikkaa supistetaan liikaa, jolloin äänestä ei enää erota hiljaisia ja kovia kohtia. Musiikin keskimääräisen äänenvoimakkuuden tason voidaan olettaa kasvavan tulevaisuudessakin siihen pisteeseen saakka, kunnes tullaan saavuttamaan äänekyyden absoluuttinen yläraja, jolloin dynamiikkaa ei ole enää mahdollista supistaa enempää.

Vaikka projektissa käytettiin pääasiassa yhtä työkalukokoelmaa, oli projektissa käytettyjen työkalujen käsittelyn tarkoituksena toimia sellaisena esimerkkinä, jossa tehdyt muokkaukset voitaisiin toteuttaa myös muissa vastaavaan tarkoitukseen suunnitelluissa työkaluissa.

Lähteet

1. Owsinski, Bobby. 2014. The Mastering Engineer's Handbook: The Audio Mastering Handbook Third edition. Thomson course technology.
2. What is mastering? 2015. Verkkodokumentti. Lander Audio Inc.
<<https://www.landr.com/en/what-is-mastering>>. Luettu 5.11.2015.
3. Katz, Bob. 2007. Mastering audio: the art and science second edition. Focal press.
4. Bassal, D. 2005. The Practice of Mastering – 1: History. Verkkodokumentti.
<<http://www.macmusic.org/articles/view.php/lang/en/id/91/>>. Julkaistu 9.3.2005.
5. Owsinski, Bobby. 2013. The history of audio mastering. Verkkodokumentti.
<<http://www.lynda.com/iTunes-tutorials/history-audio-mastering/109358/120959-4.html>>. Julkaistu 23.1.2013. Luettu 8.1.2016.
6. Korpinen, Pertti. 2005. Äänen taajuus. Verkkodokumentti. <http://www.aanipaa.tamk.fi/taajuu_1.htm>. Luettu 3.2.2016.
7. Tarmia, Mikko. 2013. Äänitekniikan perusteet. Verkkodokumentti. Otavan Opisto. <http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/muut/ammattillinen/aani-tyo/aanitekniikan_perusteet/aanitekniikan_perusteet.pdf?C:D=2061408&m:sel-res=2061408>. Luettu 19.1.2016.
8. Mäkelä, J.P. & Larmola, K. 2009. Oma studio ja äänittämisen taito. Helsinki: Like.
9. Bohn, Dennis. 2005. Constant-Q Graphic Equalizers. Verkkodokumentti.
<<http://www.rane.com/note101.html>>. Luettu 19.1.2016.
10. Sipilä, Juha. 2013. Prosessointi, osa 3 – Kompressor ja limiteri. Verkkodokumentti.
<http://emute.edu.fi/muut_oppaat/artikkelit/kompressor-ja-limiteri>. Julkaistu 8.8.2013.
11. Garrison, Mark. 2011. Encyclopedia of home recording: Compression. Verkkodokumentti. <<http://music.tutsplus.com/articles/encyclopedia-of-home-recording-compression--audio-12409>>. Julkaistu 28.10.2011.

12. Albano, Joe. 2014. Mixing Tips: Understanding Multiband Compression. Verkko-dokumentti. <<https://ask.audio/articles/mixing-tips-understanding-multiband-compression>>. Julkaistu 11.12.2014. Luettu 16.4.2016.
13. Finucan, Mick. 2013. Fabfilter Pro MB. Verkkodokumentti. <<http://www.decodedmagazine.com/fabfilter-pro-mb/>>. Julkaistu 24.12.2013. Luettu 8.1.2016.
14. Mastering – The Complete Guide: Part 2. 2013. Verkkodokumentti. Musictech. <<http://www.musictech.net/2013/11/mastering-part-2/>>. Julkaistu 6.11.2013. Luettu 18.1.2016.
15. Volans, Mo. 2015. Music Production Techniques, Part 8: Limiting. Verkkodokumentti. <<https://ask.audio/articles/music-production-techniques-part-8-limiting>>. Julkaistu 29.8.2015. Luettu 16.4.2016.
16. Mattila, Ilkka. 2015. Äänenvoimakkuuden sodassa on vain häviäjiä. Verkkodokumentti. <<http://nyt.fi/a1305939357282>>. Julkaistu 24.3.2015. Luettu 1.2.2016.
17. Cox, Trevor. 2016. Why is modern music so loud? Verkkodokumentti. <<http://www.bbc.com/news/entertainment-arts-35250557>>. Julkaistu 7.1.2016. Luettu 11.1.2016.
18. Silvast, Arttu. 2008. Sotaa äänenvoimakkuudesta. Verkkodokumentti. <<http://yle.fi/vintti/yle.fi/pop/arttu-silvast/2008-11-28/sotaa-aanenvoimakkuudesta.html>>. Julkaistu 28.11.2008. Luettu 16.4.2016.
19. Morrison, Geoffrey. 2011. Compression is killing your music. Verkkodokumentti. <<http://www.cnet.com/news/compression-is-killing-your-music/>>. Julkaistu 8.7.2011. Luettu 25.1.2016.
20. Shepherd, Ian. 2013. Loudness Wars versus Michael Jackson – Loud Loses. Verkkodokumentti. <<https://www.youtube.com/watch?v=j-O5l6NSsdY>>. Julkaistu 12.3.2013. Luettu 14.1.2016.

21. What is mid/side processing? 2014. Verkkodokumentti. iZotope.
<<https://www.izotope.com/en/community/blog/tips-tutorials/2014/06/what-is-mid-side-processing/>>. Julkaistu 17.6.2014. Luettu 16.4.2016.
22. Hillier, Mike. 2015. Mastering tutorial: Part Three, Mid-Side Processing Step-by-Step. Verkkodokumentti. <<http://www.musictech.net/2015/11/mastering-tutorial-part-three-mid-side-processing/>>. Julkaistu 23.11.2015. Luettu 15.1.2016.
23. iZotope Ozone 7 and Ozone 7 Advanced | Mastering software for professional-sounding tracks. 2015. Verkkodokumentti. iZotope. <<https://www.youtube.com/watch?v=XSoGjBZbhwg>>. Julkaistu 28.10.2015. Luettu 16.4.2016.
24. White, Paul. 2012. Noise-reduction tools and techniques. Verkkodokumentti. <<http://www.soundonsound.com/sos/jan12/articles/noise-reduction.htm>>. Luettu 2.2.2016.
25. Colletti, Justin. 2013. The best noise reduction tools on the market. Verkkodokumentti. <<http://www.sonicscoop.com/2013/05/30/the-best-noise-reduction-plugins-on-the-market/>>. Julkaistu 30.5.2013. Luettu 15.3.2016.
26. Fenlon, Wesley. 2011. The real differences between 16-Bit and 24-Bit audio. Verkkodokumentti. <>. Julkaistu 3.3.2011. Luettu 15.3.2016.
27. Francis, Corey. 2014. What is dither? Verkkodokumentti. <<http://blog.mastering-world.com/2014/09/10/what-is-dither/>>. Julkaistu 10.9.2014. Luettu 28.1.2016.
28. Tietoa ja taitoa: Mitä DA-muunnin tekee? 2012. Verkkodokumentti. Hifimaailma. <<http://www.hifimaailma.fi/artikkelit/tietoa-ja-taitoa-mita-da-muunnin-tekee/>>. Julkaistu 14.2.2012. Luettu 29.1.2016.
29. Mastering in iZotope Ozone 6 Part 3: Exciter and Maximizer. 2015. Verkkodokumentti. Point Blank Music School. <<https://www.youtube.com/watch?v=1WB1-YM9kXE>>. Julkaistu 11.8.20

30. 10 steps to a quick master in Ozone. 2015. Verkkodokumentti. iZotope.
<<https://www.izotope.com/en/community/blog/tips-tutorials/2015/03/10-steps-to-a-quick-master-in-ozone/>>. Julkaistu 25.3.2015. Luettu 23.2.20

